

**Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу**



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Технологије прераде пластичних маса

Број индекса: 349/2011

Василић М. Стефан

Примена технологије ливења у компанији Металац

-мастер рад-

Комисија за преглед и одбрану:

1. проф. др Богдан Недић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да:

Обави прикупљање и систематизацију података полимерних материјала с посебним акцентом на *granmatrix* материјал. Да да пример слободног ливења пластике, опише начин ливења плоча од *granmatrix*-а у компанији Металац из Горњег Милановца и прикаже резултате квалитета површина добијених након механичке обраде узорка плочица од *granmatrix*-а добијених у компанији Металац, а обрађиваних на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу

Препоручена литература:

- [1] Недић, Богдан, *Технологије прераде пластичних маса*, Машински факултет Крагујевац, 2007.
- [2] Недић Богдан: *Пластичне масе*, Машински факултет Крагујевац 2004.
- [3] *Casting project*, интернет страница:
<file:///G:/livenje%20plastike/Casting%20project%20using%20Stefans%20plans%20-%20Page%202%20-%20Community%20-%20Ghostbusters%20Fans%20Forum.htm>,
приступљено 20.06.2013.
- [4] Др Момчило Стевановић: *Влакнима ојачани полимерни композити*, Партенон, Београд 2002.
- [5] Милан Станојевић: *Примена технологија израде ручица од бакелита*, Дипломски рад, Факултет инжењерских наука Крагујевац, 2013

Резиме:

У оквиру овог рада је разматрана и анализирана технологија ливења плоча од *granmatrix*-а у компанији Металац из Горњег Милановца, као и квалитет обрађених површина након механичке обраде. Прва поглавља обухватају опис и анализу композитних материјала. Затим следи пример слободног ливења пластике и поглавље у коме се описује начин ливења плоча од *granmatrix*-а у компанији Металац из Горњег Милановца. У задњем поглављу дат је приказ резултата механичке обраде који су добијени у лабораторији на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу.

Кључне речи: Granmatrix, композитни материјал, ливење пластике

Abstract:

In this paper have been discussed and analyzed casting technology of granmatrix plates in cookware company Metalac from Gornji Milanovac, and surface quality after machining. The first chapters include description and analysis of composite materials. Then follows chapter with example of free plastic casting that describes a way of casting Granmatrix plates in the company Metalac from Gornji Milanovac. The final chapter presents the results of machining that are obtained in laboratory on Faculty on Engineering in Kragujevac.

Key words: Granmatrix, composite material, plastic casting

Садржај

1. Уводна разматрања	3
2. Полимери	6
2.1. Врсте полимера	6
2.2. Технолошки процес производње полимера	9
2.3. Прерада полимера	9
2.4. Полимерни композити	11
2.5. Карактеристике и примена полимерних композита	12
2.6. Реакцијске смоле	20
3. <i>Solid surface</i> материјали – <i>Granmatrix</i>	21
4. Полиестер	24
5. Слободно ливење пластике	29
6. Ливење плоча од <i>Granmatrix</i> -а у компанији Металац	32
7. Експериментално истраживање	36
8. Закључак	47
9. Литература	48

1. Уводна разматрања

Предузеће „Металац“ је основано 1959. године са седиштем у Горњем Милановцу. На самом почетку предузеће се кратко бавило лимаријом и браваријом, да би већ наредне године почела примена технологија емајлирања и производње посуђа, по чему ће постати познато широм тадашње Југославије која је имала преко 20 милиона становника.

Средином шездесетих година чине се велики напори на афирмацији предузећа као сигурног произвођача емајлираног посуђа. Седамдесете су биле посвећене улагању у стратешко прилагођавање, нарочито у аутоматизацију производње. Металац постаје све конкурентнији произвођач посуђа. Почиње да извози у европске земље, што је један од одлучујућих корака и велики подстицај даљем развоју фирме.

Све до краја осамдесетих, предузеће је оријентисано на производњу емајлираног посуђа. У последњој деценији 20. века, у врло тешком и несрећном времену економске кризе, ратова и санкција - руководство Металца серијом визионарских одлука прави преокрет у развоју предузећа. То су одлуке захваљујући којима следи модернизација фабрике, нови производни програм, увођење стандарда квалитета, власничка трансформација. Извозна оријентација постаје мерило свих размишљања.

Од 1990. до 1996. године модернизована је технологија за производњу емајлираног посуђа, у чему Металац постаје један од најквалитетнијих произвођача у Европи. Дуплирани су капацитети за производњу казана грејача воде. Ушло се у производњу *non-stick* посуђа, *inox* и емајлираних судопера и израду картонске амбалаже. Уведен је информациони систем и систем квалитета ISO 9001. Као потврда квалитета добијен је и међународни сертификат TUV-ISO 9001. Започет је процес власничке трансформације.

Крајем деведесетих отворена је једна од најмодернијих фабрика за производњу *inox* посуђа ZnNi 18/10. Увелико ради новоотворена фабрика за производњу луксузних кутија амбалаже у офсет штампи. Металац је купио и припојио предузеће које је производило картонску амбалажу и папирну конфекцију. Отпочела је производња бакелитних и пластичних елемената за све основне програме. Отворен је ланац специјализованих продавница у свим већим градовима Србије и Црне Горе. Рејтинг Металца у земљама Европске Уније доведен је на врло висок ниво. Завршена је својинска трансформација. Металац је приватно предузеће у власништву акционара.

Деценија интензивног инвестиционог развоја, током које је инвестирано више од 25 милиона еура, крунисана је 2002. године изградњом модерног Пословног центра. Уведен је нови информациони систем – *BaaN ERP*. Прешло се на *Impact-Bonding* технологију у производњи акутермног дна *inox* посуђа. Интегрисани су системи менаџмента квалитетом са стандардом за заштиту животне средине *QMC/EMC*.

У 2003. години Металац је основао предузеће за промет робе на велико-Металац Траде д.о.о., а нешто касније на берзи купује већински пакет акција трговачког предузећа Пролетер у Горњем Милановцу. Већ средином 2004. године са Београдске берзе у породицу Металац улази и предузеће Агровојводина Металургија из Новог Сада, данас Металац Металургија а.д.

Почетком 2006. године Металац прелази на холдинг организацију у намери да у зрелој фази развоја унапреди свој функционални и предузетнички аспект и да шансу млађим кадровима. Породица је нарасла на 11 предузећа. Отворена је нова фабрика за производњу акумулационих и малолитражних бојлера Металац Бојлер. У Хрватској је основано трговачко предузеће Промо-Метал, а у Црној Гори Металац Маркет-Подгорица. Са почетком 2007. године у власништво Металца прелази и трговачко предузеће Метрот из Москве које је још 2000. основано са циљем да пласира Металчеве производе на руском тржишту.

У другој половини 2008. године започела је производња *Granmatrix*-а, композитног материјала на бази полимера који има широку примену у опремању ентеријера и екстеријера. У јубиларној 2009. години Металац је отворио нову фабрику бојлера. Била је то и прва година велике светске економске кризе коју је Компанија завршила са 16% мањим укупним приходом и статусом лидера у друштвено одговорном пословању, јер је доследно спроводила своје економске, социјалне и еколошке циљеве.

Почетком 2010. године у Милвокију је отворено предузеће Металац Гроуп УСА, са циљем да ефикасно снабдева америчко тржиште својим производима, а пре свега посуђем.

Тако је у 2010. годину Металац ушао са 13 предузећа од којих су четири производна друштва, пет трговинских друштава на домаћем тржишту и четири предузећа у иностранству. Компанија има пет производних програма и два трговинска ланца са 50 специјализованих продавница широм Србије и 37 у општини Горњи Милановац. Укупно је запослено 1550 људи.

Друга година светске кризе је такође била тешка. Ипак, на нивоу групе Металац је у 2010. остварио 5% раста прихода и 6% већу пословну добит у односу на 2009. Отворена су нова тржишта, није било отпуштања радника, а остварени су и сви други социјални и еколошки циљеви, што Компанију и даље сврстава међу лидере друштвено одговорног пословања. Основано је још једно предузеће у иностранству – овога пута за тржиште Украјине.

Насупрот свеопштим неповољним трендовима и даљем продубљивању светске кризе, Металац је и 2011. годину завршио растом прихода од 8% на нивоу Металац Групе и растом извоза за 10%. Остварени бруто профит биће већи од 5 милиона евра, а

просечно исплаћене зараде веће су за 14% од исплаћених у 2010. години.

И 2012. години Металац ушао са 14 предузећа од којих су четири производна друштва, пет трговинских предузећа на домаћем и пет у иностранству. Компанија има пет производних програма и два трговинска ланца са 60 специјализованих продавница широм Србије и 37 у општини Горњи Милановац. Укупно је запослено 1550 људи.

У оквиру овог рада, у другом поглављу је објашњен појам композитних материјала, као и њихова грађа, израда, механичка и хемијска својства, врсте полимера и њихова примена.

У трећем поглављу је објашњен материјал *granmatrix* као и његова примена и одржавање.

У четвртом поглављу објашњен је полиестер као композитни материјал, његова примена и карактеристике.

У петом поглављу дат је пример слободног ливења пластике.

У шестом поглављу је приказан начин ливења *granmatrix* плоча у производном погону Металац *inko* у компанији Металац у Горњем Милановцу

У седмом поглављу дат је приказ резултата експеримента рађеног на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу.

2. Полимери

Полимерни материјали су органска једињења добијена индустријском прерадом. Полимери су макромолекуларни спојеви израђени од великог броја основних јединица – мера. Макромолекули су међусобно повезани ковалентним везама. Полазне јединице које учествују у синтези макромолекула називају се мономери. Скроб, целулоза, свила, протеини и други су природни полимери. Синтетички полимери се добијају хемијским процесима у одговарајућим постројењима. Типичан синтетички полимер је полиетилен који се добија синтезом етилена $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$. Знак = означава да су молекули CH_2 повезани двоструком везом. Основна карактеристика полимера је молекулска маса. У њој се налазе готово сва својства молекула. Молекулска маса код полимера износи од неколико хиљада до неколико милиона, код сложених полимера. [2]

Полимерни материјали се деле у две групе:

- Пластике
- Гуме

2.1. Врсте полимера

Према физичким својствима полимери се деле на **еластомере, влакна и пластичне масе**.

Еластомери (гуме) – Међу макромолекулима владају мале интермолекуларне привлачне силе. Ради тога имају мали модул еластичности и то од 1 – 10 МПа. На собној температури се могу еластично истегнути најмање до двоструке почетне дужине. Постоје две врсте гума:

- Природна гума
- Синтетичка гума

Природне гуме се производе од каучука, који је биљног порекла. Каучук се добија од млечног сока латекс добијеног из тропског дрвета хевеа. Позната компанија *Goodyear* је у деветнаестом веку, развила технологију прераде каучука у еластични материјал – гуму. Природна гума се данас користи у око 30% укупне потрошње гума.

Синтетичке гуме се производе поступцима који су слични производњи пластичних маса – полимеризацијом. Постоји више врста синтетичких гума. Најраспрострањенија синтетичка гума је *stiroI – butadien*, која се користи за пнеуматике (точкове на возилима). Осим ове гуме у значајној мери се користе и нитрил гума, полипропилен (неопрен) и силиконска гума. Неке од синтетичких гума су отпорније од природних гума на дејство

хемијских растварача.

Гуме се у машинској техници користе за израду пнеуматика, али и за друге сврхе где је потребна еластичност (заптивачи, флексибилне цеви – „црева“, еластичне ослонце и сл.).

Влакна – Међу молекулима владају јаке интермолекуларне привлачне силе, јер постоји висок степен усмерене просторне оријентације молекула и висок степен кристалне структуре. Модул еластичности влакна износи $10^3 - 10^4$ МПа. Већина механичких својстава независна је од температуре у интервали од -50°C до 150°C .

Пластичне масе – Пластике или пластични материјали су почели да се примењују у техници са открићем бакелита крајем деветнаестог века. Ипак, масовна примена пластичних материјала датира из друге половине двадесетог века. Пластичне масе имају делимичну кристалну структуру, а интермолекуларне силе су средње јачине. По својствима заузимају место између влакана и еластомера. Пластичне масе су материјали који се претежно састоје из органске, макромолекуларне супстанце, са мало или без додатака. Својства су им у великој мери зависна од температуре. Та својства су зависна и у процесу прераде која се врши на одређеној температури и притиску. Ако би се прерада вршила на другачијој температури и својства пластичне масе би била другачија.

Према начину прераде, пластичне масе се деле на **термопластичне** и **термостабилне**

Термопластични полимери – При загревању омекшају, тако да се могу прерађивати и обликовати, а након хлађења поново очврсну. Поступак загревања и хлађења може се поновити више пута. Међутим, ако се прекорачи одређена температура, долази до непожељних хемијских реакција, а тиме и знатне промене својства полимера. Термопластични полимери имају малу топлотну постојаност и малу тврдоћу, а неки од њих релативно малу отпорност на деловање хемикалија, посебно киселина. Термопластични полимери имају линеарну структуру макромолекула.

Најпознатији полимери ове врсте су: полиетилен, поливинилхлорид, полистирен, полипропилен, полиамид. Ови материјали су познати у општој намени, али се веома често користе у пољопривредној техници. Примери примене ових материјала су: пластеници, резервоари, посуде, пластичне цеви итд.

Термостабилни полимери – Након загревања и хлађења неповратно очврсну у нетопљив полимер. Ова својства настају као последица хемијских реакција умрежења која настаје код загревања. Имају већу чврстоћу, тврдоћу и бољу топлотну постојаност него термопластични полимери, а отпорни су према хемикалијама. Термостабилни полимери имају умрежену структуру макромолекула.

Најпознатији термостабилни полимери су: бакелит, епоксиди, фенолформалдехиди, полиестри. Ови материјали се употребљавају за различите намене: електрични изолатори, основе композитних материјала, резервоари,

антикорозиони премази итд.

С обзиром на структуру полимери могу бити **линеарни**, **разгранати** и **умрежени** (сл.1).

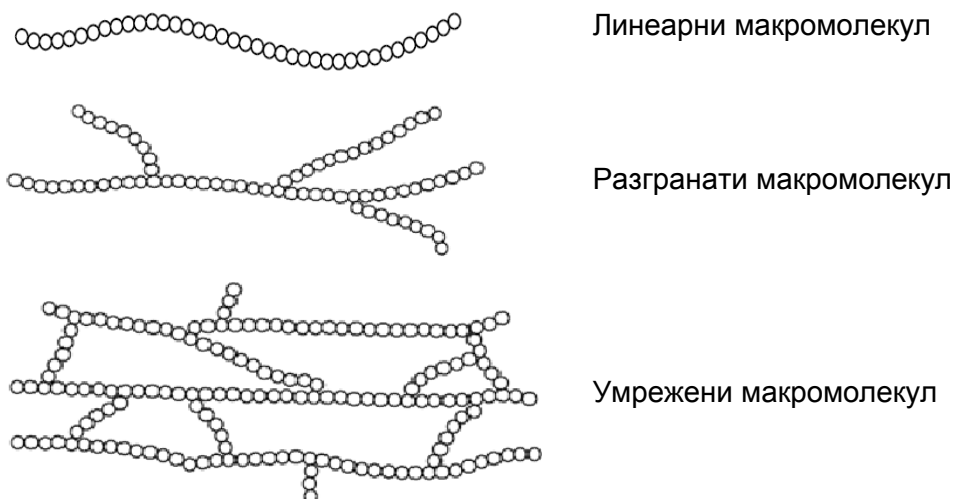
Линеарни полимери настају повезивањем мономера у један континуиран низ или ланац, тако да је сваки мер повезан са само два суседна мера.

Разгранати полимери имају на неке од мера у главном ланцу везане краће бочне ланце.

Умрежени полимери имају тродимензионалну просторну структуру. Састоје се од дугачких ланаца који су међусобно повезани краћим попречним ланцима.

Један макромолекул може бити изграђен од једне или више врста мономера. Дакле, полимери се могу поделити на две основне групе:

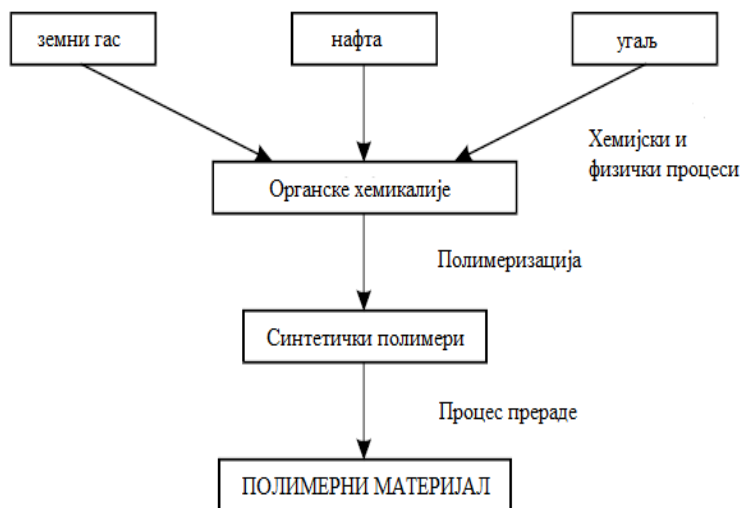
- **Хомополимери** који су изграђени од само једне врсте мономера. Типичан представник ове групе је полиетилен;
- **Кополимери** који су изграђени од две или више врста мономера. Типичан представник ове групе је поливинилхлорид.



Сл. 1. Структура полимера [10]

2.2. Технолошки процес производње полимера

Основне сировине за производњу полимера су земни гас, нафта и угаљ.



Сл. 2. Шема технолошког процеса производње полимера [10]

Хемијским и физичким процесима као што су оксидација, филтрирање, центрифугирање, дестилација, из основних сировина добијају се органске хемикалије – мономери као што је нпр. етилен, винилхлорид и сл.

Полимеризација се састоји од низа хемијских процеса синтезе мономера. Постоји више начина полимеризације. Тај сложен процес може почети једино када се основној маси дода иницијатор – хемикалија која иницира процес синтезе.

При процесима прераде, најчешће на одређеној температури, мења се надмолекулска структура, а у одређеним случајевима и структура макромолекула.

2.3. Прерада полимера

Готови производи од полимерних материјала често се називају „пластичне масе“. Састоје се претежно од полимера и мање количине додатака (адитива) који побољшавају или модификују својства полимерног материјала. Инертни додаци се додају у већој количини, с циљем да се смањи цена готових производа.

Најчешћи додаци у току прераде су следећи:

Омекшивачи снижавају температуру и тиме олакшавају прераду полимера. Друга врста омекшивача су они који повећавају растезљивост, савитљивост и жилавост.

Стабилизатори продужавају век трајања готовог производа. Најчешће се употребљавају топлотни стабилизатори и светлосни стабилизатори, који повећавају топлотну стабилност, односно отпорност према деловању светлости, посебно ултраљубичастих зрака.

Додаци за спречавање горења. Додаци који спречавају процес изгарања су алуминијумов оксид и силицијумов диоксид. Спојеви халогених елемената (хлор, бром, јод) стварају заштитни слој на површини готовог производа изложеног пламену.

Антистатици спречавају набијање површине полимера статичким електрицитетом.

Пенила стварају велику количину затворених или отворених пора и мехурића у полимерном материјалу.

Пигменти и боја дају боју готовом производу. Могу бити органског или неорганског порекла.

Пунила су инертни додаци у облику праха или кратких влакана који се додају полимерима у количини од 25% укупног волумена.

Ојачала у облику влакана уграђују се у полимерну основу у количини 50% – 80% укупног волумена и битно побољшавају карактеристике производа. Најчешће се употребљавају стаклена и угљеникова влакна. Техника прераде полимера састоји се од припремних поступака, прерадбених поступака и обраде.

Припремни поступци су: екструдирање, компресионо бризгање, ињекционо бризгање, кландровање (извлачење између ваљака), ливење, производња пенастих материјала, производња ојачаних материјала.

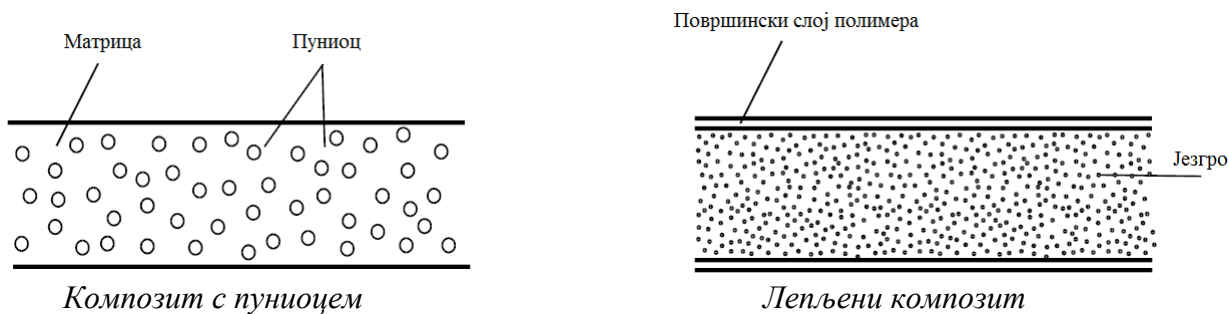
Поступци дораде су: термоформирање, лепљење, штампање, савијање, заваривање итд.

Примена сваког од наведених поступка зависи од деформацијског стања у коме се полимер налази.

Деформацијско стање	Поступци прераде
Стакласто Високоеластично Високофлуидно	Уситњавање, гранулирање, лепљење Пенушање, савијање, термоформирање Екструдирање, бризгање, кландровање итд.

2.4. Полимерни композити

Мешањем полимерног материјала с пуниоцем или спајањем више врста материјала, добија се композит који има побољшана својства, односно специфична својства за примену на одређеним местима.



Сл. 3. Полимерни композитни материјал [10]

Композити с пуниоцем и ојачалом. Основна компонента је полимерна матрица која има улогу везива (сл. 3.). Честице пунила треба да имају високу чврстоћу и модул еластичности, тако да допринесе побољшању механичких својства композита.

Све више се као ојачало употребљавају влакна и то у првом реду стакласта влакна, а затим влакна угљеника, графита, бора, азбеста, целулозе и сл. Овакви композити имају велику бучну чврстоћу и модул еластичности и малу запреминску масу. Употребљавају се у бродоградњи и авионској индустрији, а у експерименталној фази је и примена за градњу конструкција великих распона у грађевинарству (висећи мостови). Као матрица најчешће се употребљавају термостабилни полимери: епоксиди, полиестери, фенолне и силиконске смоле.

Ламинати се добијају спајањем два или више слојева различитих полимерних материјала или композита с пуниоцем, деловањем притиска и топлоте. Тиме се оплеменењује површина мање квалитетног материјала.

Лепљени композити добијају се спајањем више слојева различитих материјала, применом лепка на бази полимерног везива (Сл. 3.). Језгро је најчешће лаган и чврст материјал, нпр. иверица, картонска решетка, дрвени скелет, итд. Овакав композит може да буде добар топлотни изолатор ако се као језгро употреби нпр. плоча од стаклене или синтетичке пене.

Синтетичке пене добијају се мешањем или продувавањем полимера током обликовања, с неким гасом, чиме настају поре и мехурићи у производу. Порозност се може постићи и ако се полимер меша с додатком за пенушање који се разграђује на температури прераде и ослобађа велику количину гасова у облику мехурића. Један од

комерцијалних назива за синтетичку пену је „стиропор“.

Синтетичке пене имају веома малу запреминску масу ($15 - 40 \text{ кг/м}^3$). Ако имају затворене поре, одлични су топлотни изолатори, а они са отвореним и повезаним порама су изолатори звука. Најчешће се пене производе од полистирена, фенолформалдехида и епоксида.

2.5. Карактеристике и примена полимерних композита

Реч композит односи се на нешто што се састоји од два или више делова. Због тога би материјал сачињен од два или више изграђивачких састојака или присутних фаза требало да представља композитни материјал. Модул еластичности челика је неосетљив на садржај карбидне фазе. Зато се челици, као и низ других легура, не сматрају композитима. Пластика са мањим садржајем честица ојачања као адитива је композит и све док садржај ојачања не пређе границу од 10%, овакав материјал се назива ојачана пластика.

Карактеристике

Композит представља континуалну фазу у коју је уграђена једна или више дисконтинуалних фаза. Дисконтинуална фаза је обично крућа, тврђа и назива се ојачање или ојачавајући материјал, док је континуална фаза, матрица. Композити са крућом матрицом од ојачања су гумом модификовани полимери, док су композити са крутим матрицама и крутим ојачањем карбон-карбон композити са керамичким матрицама.

Особине композита су битно одређене особинама њихових континуитета, расподелом констинуитета и њиховом интеракцијом. Особине композита могу бити дате сумом производа особина констинуитета и њихове запреминске фракције (тзв. правилом мешања).

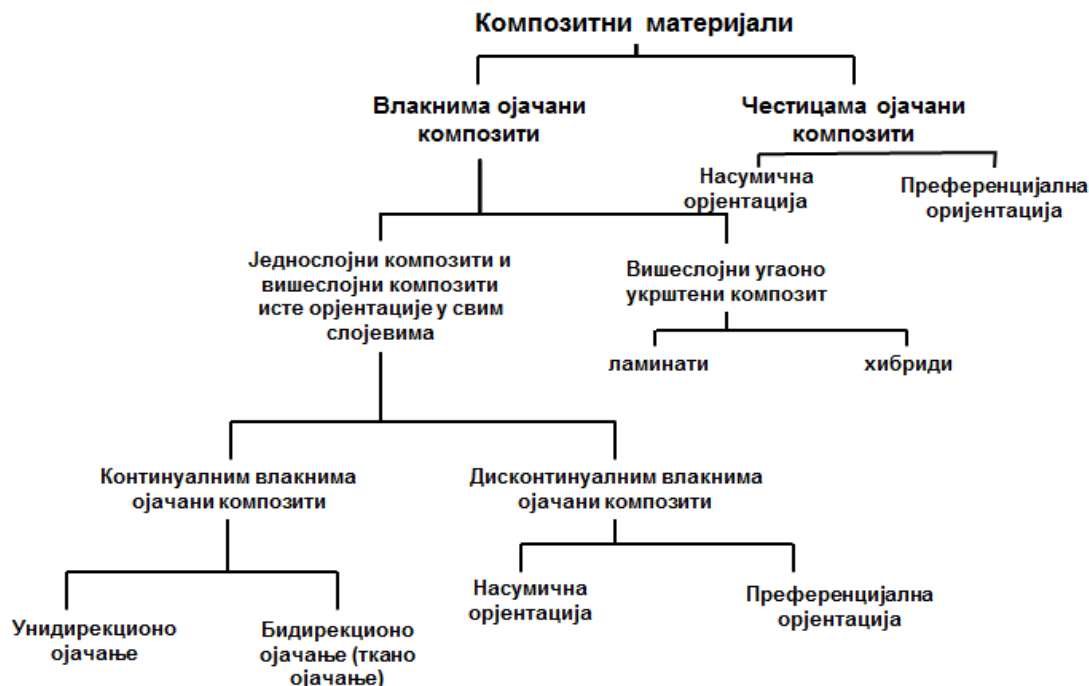
$$P_C = \sum \lambda_i P_i$$

или конституенти међусобно реагују на синергистички начин па се особине композита не могу изразити правилом мешања

$$P_C \neq \sum \lambda_i P_i$$

Класификација

Највећи број композита је развијен и производи се с циљем да се побољшају механичке особине, као што су крутост, чврстоћа, жилавост или високотемпературне карактеристике. Композити се класификују према геометрији репрезентативне јединице ојачања (слика 4)



Слика 4. Класификација композита [4]

Битна карактеристика композита је да су оне по својој природи невлакнасте. Оне могу бити сферичне, кубне, тетрагоналне, плочасте или неправилног облика, али су све приближно еквиаксијалне. Влакна одликује велики однос дужине према димензијама попречног пресека. Честицама ојачани композити називају се често честични, а влакнама ојачани композити су влакнасти композити.

Технике израде

У зависности од врсте и особина система развијен је низ различитих техника израде композитних материјала. Тако се композити стакло/полиестар добијају техником ручног слагања. Композити са епоксидним и термопластичним матрицама добијају се техникама врућег пресовања на повишеним температурама. Цилиндрични или сферични делови од композита добијају се техником машинског намотавања, а композитни делови ојачани континуалним влакнима израђују се и техникама екструзије.

Разликују се поступци израде композита у отвореним и затвореним калупима.

У поступке израде отвореним калупима спадају:

- ручно слагање
- распршивање
- техника аутоклава
- машинско намотавање

- центрифугално ливење

Док у поступке израде затвореним калупима спада:

- вруће пресовање
- ињекционо пресовање у калупу
- пултрузија
- хладно пресовање у калупу
- убризгавање смоле

Примена

Усавршени композити на бази континуалних влакана и полимерних матрица, прогресивно замењују у многим областима класичне конструкционе материјале, нарочито метале.

Из више разлога (повољне особине за примену, једноставна и јефтина технологија добијања, уштеде у инвестицијама, трошковима производње и експлоатације), њихова најбоља особина је цена, поготово кад се има у виду производња, експлоатација и замена делова.

Примери примене композита:

1. Комерцијална авијација
2. Ваздухопловни и војни програм
3. Спорт
4. Аутомобили
5. Хемијска индустрија
6. Грађевинарство

Грађа

Основни тип композита ојачаних континуалним влакнима су ундерекциони композити (УДК). У овим композитима влакна уграђена у матрицу су паралелна, хомогено расподељена кроз запремину и сва усмерена у истом правцу. Ундерекциони композити се добијају пултрузијом или пресовањем ундерекционог препрега или смолом натопљених нетканих трака исто усмерених влакана у калупу или у аутоклаву. Особине ундерекционог композита су анизотропне. УДК поседује трансферзално изотропску симетрију, облик ортотропске симетрије, са три узајамно управне равни симетрије, коју одликује изотропија у свим правцима управним на правац влакана.

Ундерекциони композит је ламина или слој у мултидирекционом композиту (МДК) са континуалним влакнима, ламинату који се оријентише у референтном координатном систему.

Механика композитних материјала

Механика композитних материјала се дели на макромеханику и микромеханику.

1. Микромеханика композита

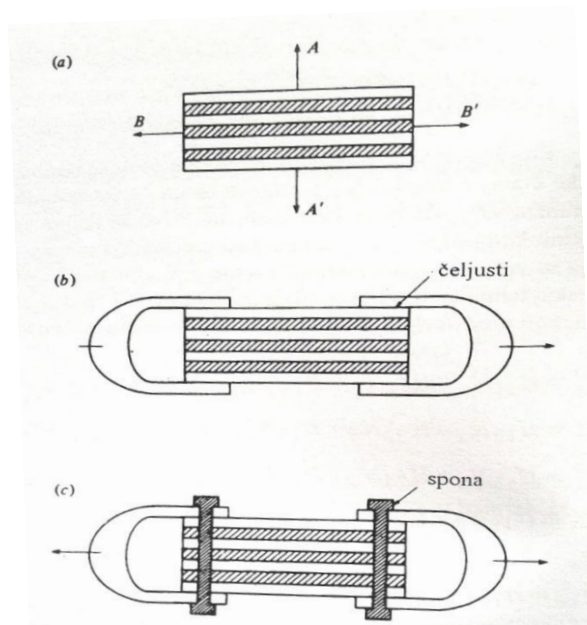
То је област композита која се бави особинама ламине (слојева) као функцијама материјалних карактеристика конституената, геометријских односа и запреминског садржаја конституената.

2. Макромеханика композита

Композитни ламинати су изграђени од одређеног броја ортопропорских ламина са равнима еластичне симетрије у равни ламината. Деформације ламината су мале у односи на дебљину ламината. Код танких ламината деформације се мењају линеарно кроз дебљину ламината, а интерламинарне деформације се сматрају малим у унутрашњости епрувете.

Међуповршина влакно – матрица

Структура и особине међуповршине влакно-матрица играју врло битну улогу одређивању механичких и физичких особина композитних материјала.



Слика 5. Утицај везе између слојева на механичке карактеристике композита [4]

Нарочито велике разлике између еластичних особина матрице и влакана се сучељавају преко међуповршине, односно, напрезања која делују на матрицу преносе се на влакна кроз међуповршину (слика 5.).

Чврстоћа унидирекционих композита

Теоријска чврстоћа монокристала без линеарних, површинских или запреминских структурних дефеката је иманентна особина материјала повезана са јачином везе у монокристулу. Она одговара сили потребној да се, раскидањем хемијских веза, образује једнична површина тог кристала. Чврстоћа реалних конструкционих материјала и као таквих композита, међутим, није иманента (*eng. Intrinc*) карактеристика материјала.

Чврстоћа је мера отпорности на разарање датог материјала оптерећеног силом Р. Материјал у статичким механичким тестовима може бити оптерећен на затезање, на компресију, на савијање или смицање.

Чврстоћа је једанака напону при којем се материјал разара и код анизотропних материјала, какви су композити ојачани континуалним влакнима, представља тензорску величину.

Испитивање композита

Испитивање композита, ојачања и матрица, као саставних делова композита, је веома важна активност везана за истраживања, развој, производњу и примену композитних материјала.

Испитивања се врше одговарајућим методама, методама контроле квалитета, односно стандардним методама испитивања. Композити ојачани континуалним влакнима поседују анизотропију особина, а њихова грађа и природа се битно разликују од грађе и природе класичних конструкционих материјала, па се отуда јавља потреба за посебним стандардним методама испитивања, као и за стандардизованим спецификацијама која се односе на ојачање, матрицу и саме композитне материјале.

Испитивање композита и њихових конституената врше се у оквиру карактеризације и спецификације материјала, истраживања и развоја, контроле и осигурања квалитета, затим у току примене композита, као и за потребе пројектовања конструкционих елемената и склопова.

Влакна

Као ојачања конструкционих композита са пластичним матрицама користе се вештачка влакна органског и неорганског порекла, а у највећој мери стаклена, угљена и араמידна влакна.

Неалкална стаклена влакна Е квалитета су јефтина, имају високу чврстоћу, али релативно ниску крутост. Производе се и користе као кратка сецкана влакна, стаклени

мат, континуална влакна, ткани и неткане траке. Сталене траке се користе као ојачање композита са полиестарским и епоксидним матрицама, који имају велику и растућу примену, пре свега, као конструкциони материјали.

Угљена влакна се производе у три квалитета:

1. Високочврста
2. Високомодулна и
3. Влакна лошијег квалитета

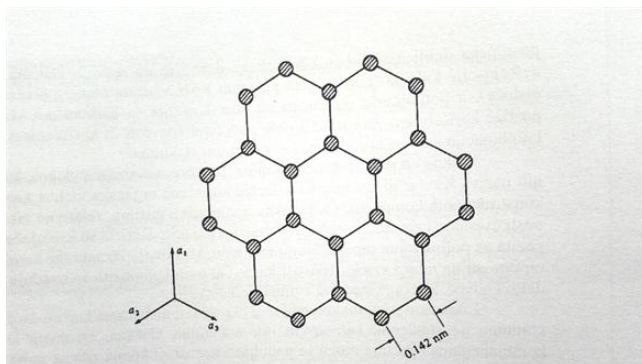
Прва два квалитета представљају врло квалитетно ојачање конструкционих композита, а добијају се полазећи од континуалних полиакрилонитрилних влакана, поступцима оксидације и карбонизације. То су скупа влакна, одличних механичких карактеристика и ниске густине. Високочврста карбонска влакна у комбинацији са епоксидним матрицама користе се као конструкциони композити високих карактеристика.

Мане карбонских влакана су ниске вредности деформације кидања, релативно мала жилавост и мања отпорност на удар. Највећа мана је њихова цена која је 20-30 пута већа од цене стаклених влакана, што има за последицу примену карбонских влакана у области које могу да поднесу ту високу цену.

Угљена влакна

Она су великог модула и велике чврстоће, пречника 7 до 8 микрона, израђена су од малих кристала турбостатичког карбона, структуре сличне графиту, са много дефеката паковања.

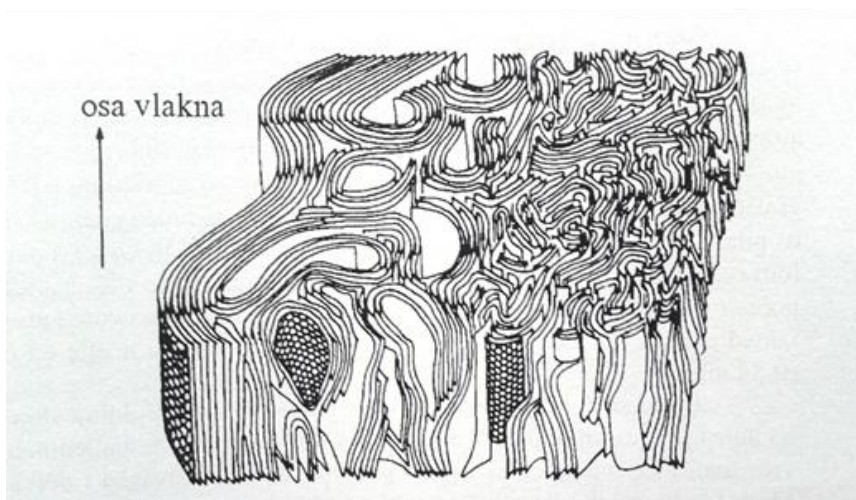
У слојевима или основним равнима монокристала графита атоми угљеника су повезани преко ковалентних веза σ веза у хексагоналном распореду (слика 17). Паралелно и правилно слојеви у графиту су повезани међусобним slabим π везама.



Слика 6. Мрежа атома угљеника у равни слоја графита [3]

Да би се добила високо модулна и високочврста структура слојеви графита треба

да буду оријентисани у правцу влакна. У карбонским влакнима јединични кристали су врло мали и оријентисани не потпуно правилно, са пуно грешака и дефеката (слика 7).



Слика 7. Грађа угљених влакана [3]

Карбонска влакна добијена полазећи од полиакрилонитрила типа I имају танку кору површинског слоја равни и унутрашњости на насумично оријентисаним кристалима. Насупрот томе карбонска влакна добијена из мезофазе смоле имају структуру радијално оријентисаних слојева. Ове различите структуре влакана имају за последицу битне различите карактеристике влакана.

Стаклена влакна

Хемијски састав минералних стакала од којих су изграђена вештачка стаклена влакна чини SiO_2 са оксидима калцијума, бора, натријума, железа и алуминијума (Табела 1). Ова стакла су обично аморфна, мада изванредан удео кристаличности настаје при загревању на повишеним температурама. То доводи до смањивања чврстоће.

Састав ▼	Е стакло ▼	С стакло ▼	S стакло ▼
SiO_2	52,4	64,4	64,4
Al(Fe)2O_3	14,4	4,1	25
CaO	17,2	13,4	/
MgO	4,6	3,3	10,3
Na(K)2O	0,8	9,6	0.3
Be2O_3	10,6	4,7	/
BaO	/	0,9	/

Табела 1. Састав стакла (%) за израду влакана [3]

Е стакла се најчешће користе као ојачања композита, јер се добро извлаче, имају

добру чврстоћу, модул, електричне карактеристике и добру отпорност на спољне атмосферске услове.

С стакла имају повећану отпорност на корозију, али су скупља и имају лошију чврстоћу.

S стакла имају већи модул и скупља су, а примењују се за специјалне намене нпр. у ваздухопловству, где је повећана цена прихватљива.

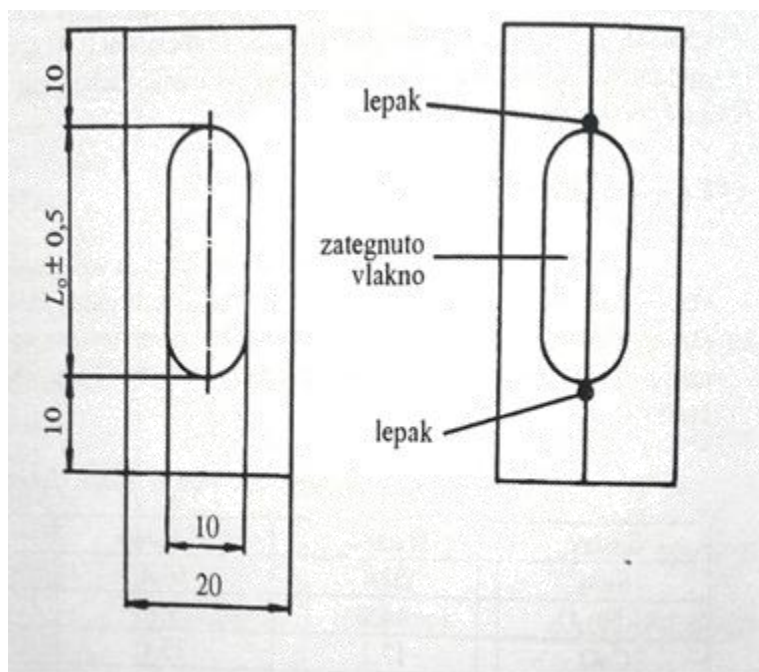
- Органска влакна

У последње време на значају као ојачање конструкционих композита све више добијају Органска влакна на бази ланчаних полимера високе крутости и чврстоће. Тако добијена влакна на бази врло добро извученог полиетилена велике густине, модула затезања од 60 GPa и затезне чврстоће од 1.3 GPa

Тестирање влакана

Влакна која представљају ојачање конструкционих композита испитују се статичким тестовима затезања у којим се одређују затезне карактеристике:

1. Монофиламената (слика 8.)
2. Затегнутих снопова влакана импрегнисаних смолом



Слика 8. Носач за тест затезања са монофиламентином [3]

Механичке карактеристике композита

Особине од интереса за конструкционе композите су механичке и физичке особине компонената, унидирекционих композита и ламината као и особине конструкционих елемената од композита. Методе којима се одређују особине композитних материјала класификују се као методе у којима се добијају подаци од значаја за квалитативно поређење и методе у којима добијене вредности представљају апсолутне карактеристике материјала.

Методе за одређивање механичких особина композита морају се тако реализовати да се жељена врста оптерећења примењује униформно у тестираном делу епрувете, тако да се резултујуће напрезање буде познато, да се елиминишу остала напрезања и да буде могуће мерење деформације у мерном делу епрувете. Број еластичних константи потребних да се карактерише композит је већи од два, колико је довољно за карактеризацију изотропног материјала. Апсолутне вредности механичких особина из исправно планираног теста треба да буду независне од геометрије узорака и начина оптерећивања. Ламинати који су анизотропни дуж правца примене оптерећења, као и они који су несиметрични у односу на средишњу раван, захтевају примене посебних прибора да би се избегло сузбијање природне деформације. Високе вредности модула и ниске вредности деформације кртог лома повећавају тешкоће центрирања и ефекте концентрисања напона. При компресији неједнака и сломљена влакна доводе до ниских вредности чврстоће и разарања типа „метле“.

2.6. Реакцијске смоле

Појављују се на тежишту као двокомпонентни систем у облику полуфабриката. Једна компонента је делимично умрежен термопластичан полимер, отопљен у неком органском отапалу или без њега. Друга компонента је иницијатор умрежења на хладно (катализатор). Мешањем на месту примене, након хемијске реакције, добије се термостабилан умрежен полимер. Код лакова као катализатор делује ваздух у контакту с премазаном површином.

Најчешће се примењују епоксиди, полиестери, полиуретани и фенолне смоле. У грађевинарству се примењују као везиво за израду бетона за санације, као средство за лепљење и за ињектирање пукотина, као премази и облоге за заштиту од корозије, као декоративни премази итд.

3. *Solid surface* материјали – *Granmatrix*

Ретки су материјали који пружају толико могућности примене и обликовања као што су тзв. *Solid surface* материјали. У *Solid surface* материјале спадају композитни материјали, компактне, чврсте површине. Сваки сусрет с овом врстом материјала и производа израђеним од њих, засигурно вас не оставља равнодушним. Велики број светски познатих дизајнера, архитеката и произвођача намештаја дуги низ година користе *Solid surface* материјале приликом реализације својих идеја и производа. [6]

Историја *Solid surface* материјала (у даљем тексту SS) започела је шездесетих година прошлог века, у време хладног рата, када су се научници и експерти из разних области такмичили у иновацијама, уз подршку највиших државних органа. Америчка компанија *DuPont*, окупила је тим од шест инжењера, чији је задатак био да, користећи нове технологије и доступне материјале, произведу нови материјал за комерцијалну употребу. Иако је прва SS плоча произведена 1964. године, за званични почетак историје *Solid surface* материјала се сматра 8. октобар 1968. године, када је издат нови патент за материјал под именом *Corian*. Најзаслужнији у тиму стручњака који су произвели *Corian*, био је хемијски инжењер др. *Don Slocum* чије се име налази на оригиналном патенту. Прва и основна примена SS материјала, била је у области кухињског и купатилског намештаја тј. радних површина у овим просторијама. Временом се примена ширила тако да је данас, 40ак година након свог настанка постао незаобилазан материјал при изради намештаја и опремању ентеријера свих врста.

Појам *Solid surface* (у буквалном преводу масивне, коактне, чврсте површине) постао је универзални назив за све композитне материјале сличне намене, хомогене и непорозне структуре по целом пресеку, а изведене по рецепту пуниоц/везивно средство/адитиви.

Најважније особине SS материјала које их издвајају у поређењу са конвенционалним материјалима:

- Апсолутно су хомогене и непорозне структуре
- Имају високу отпорност на киселине и хемијска средства
- Не подржавају развој бактерија и гљива
- Површине се лако одржавају и чисте
- Не изазивају алергију код људи и животиња
- Отпорни су на UV зраке
- Температурна отпорност 230°C
- Транслуцентност
- Могу се произвести елементи у 2D и 3D облицима након термоформирања
- Лако се обрађују и репарирају алатима за дрво
- Велики избор боја и текстура прилагодљивих просторима различитих намена.

Granmatrix је полиестерски, акрилно – модификован композитни материјал са високим

садржајем алуминијум – трихидроксида као пуниоца, састојка који коначном материјалу даје чврстоћу, температуру, електричну и хемијску отпорност. На тај начин се добија материјал који изгледа као камен, а обрађује лако као дрво. *Granmatrix* је непорозни материјал што га чини логичним избором у области припреме хране и у здравственим установама због своје отпорности на стварање буђи и размножавање бактерија. Лако се чисти, одржава и у потпуности је обновљив. *Granmatrix* је материјал са термообликујућим особинама, дајући спектар креативних могућности за истраживање и реализацију идеја. Широка разноврсност боја и стилова *granmatrix*-а савршено се уклапа у сваки декор и архитектонски дизајн.



Сл. 4. приказ боја и дезена [6]



Сл. 5. Приказ боја и дезена[6]



Сл. 6. Приказ боја и дезена [6]

1. Широк спектар боја и дезена
2. Додир топлог племенитог камена
3. Невидљиви прелази и спојеви – моноблок изглед
4. Антибактеријска, непорозна и хемијско – физички отпорна површина
5. Једноставно фабриковање и инсталација

Примена

Granmatrix материјали су идеални за кухињске плоче и друге површине где се екстремна издржљивост, вишенаменска употреба и лепота која траје подразумевају. Широком разноврсношћу боја и стилова *granmatrix* се савршено уклапа у сваки декор и архитектонски дизајн. Због своје непорозности *granmatrix* плоче су лаке за одржавање. Такође, јединствене могућности термообликовања омогућавају да се *granmatrix* плоче обликују како би се уклопиле у било који дизајн који замислите. *Granmatrix* се може обрађивати класичним алатима за обраду дрвета из чега произилазе неограничене могућности дизајна.

У кухињи

Моноблок кухињске радне плоче и судопере, решавање угаоне судопере, трпезаријски столови.

У купатилу

Интегрални умиваоници, моноблок туш кабине или каде, панелно покривање зидова уместо керамичких плочица.

Одржавање

Granmatrix је материјал који се својим супериорним карактеристикама уклапа у савремен начин живота. Захваљујући физичко – хемијској отпорности, одржава се једноставно и не захтева употребу специјалних средстава. Изузетно, у случајевима неадекватне употребе, могућа су оштећења, која се лако неутралишу захваљујући репарабилности материјала.

Приликом тестирања коришћене су јаке хемикалије које се користе само у лабораторијама, и при томе је, после вишедневног третмана, долазило само до површинских оштећења. У оваквим ситуацијама довољно је папиром за полирање скинути површински слој, чиме се радна површина доводи у првобитно стање.

4. Полиестер

Опис производа

Под полиестером подразумевамо материјал који чини полиестертска смола (*ATLAK* – 382 бисферолни тип или слично), армирана са стакленим влакнима. Додатком одређених пуниоца (сецкани ровинг, континуални ровинг, кварцни песак) у тачно дефинисаним размерама, производи се материјал са широким распоном физичких и хемијских карактеристика.

Армирани полиестер, чије је име уобичајено као *GRP*, *FRP* или *FIBERGLAS* (специфична тежина од 1,5 до 1,8 g/cm³), је отпоран на велики број органских и неорганских материја, киселина и база. Механичке карактеристике су му скоро непромењене у температурном интервалу од -40° С до +120° С. Старење незнатно утиче на физичке и механичке особине производа урађених од ове врсте материјала.

Карактеристике

Поред изложеног, армирани полиестер има следеће предности у односу на класичне материјале, а посебно у односу на метале:

- Већу отпорност на корозију, тј. дужи период рада
- Нижи трошкови постројења и инсталирања
- Мања потреба за одржавањем
- Лакоћа конструкције и поправка
- Добра отпорност на ударце
- Електрична непроводљивост
- Добре карактеристике термичке изолације, захваљујући ниском коефицијенту преноса топлоте који често чини непотребним слојеве термичког изолатора (0,2 W/mK).

Примена

Подручје примене полиестера је веома широко.

Складишни резервоари, каде, цеви за транспорт, судопере, регулационе клапне, вентили, силоси итд. Веома широка примена полиестера је за облагање других елемената урађених од других материјала. То се ради из два разлога:

Да се постигне хемијска отпорност материјала, наношењем слоја *FRP* – а који нису постојани на супстанцу која се складишти или протиче кроз те елементе (резервоари од челика у које се складишти киселина, каде за декапирање траке, елементи за вентилацију киселих испарења, сливни канали и подови у *HPV*-у, реакционе јаме код обраде отпадних вода).

Да се постигне механичка чврстоћа елемената урађених од термопласта као што

су одмерене посуде, процесни елементи у регенерацији киселине и сл.

Полиестери припадају термопластичним и термореактивним масама.

Термопластични полиестери одређени су стандардом, који се користе за фолије, за паковање хране, влакна за одећу, за простирке, за корд пнеуматика а ближе су одређени стандардом *DIN* 16911, табела 2

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
Емпература 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				

Табела 2. Својства полиестер масе за пресовање *DIN* 16911 [2]

Полиестер – тврда смола према *DIN* – у

Преглед тврдох полиестер смола према наведеном стандарду, дат је у табели 3, односно 4.

Тип	Савојна чврстоћа, daN/cm ²	Ударна жилавост a _n , daNcm/cm ²	Ударна жилавост a _k , 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 3. Својства полиестера – тврде смоле према *DIN* 16913 – I део [2]

Ударна жилавост се испитује према стандарду *DIN 53453* на епруветама 120x15x10 са зарезом.

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

Табела 4. Својства полиестера – тврде смоле према *DIN 16913* – II део [2]

Пример означавања: **Formmasse Typ 830 DIN 16913** или **FS 830 DIN 16913**.

Термопластични полиестери према *FIAT* – у

Термопластични полиестери – крпе пластичне масе за пресовање и истискивање предвиђају се према стандарду *FIAT 55235*, са својствима датим у табели 5.

Својство	PE 60.30	PE 200.70	PE 50.700
Густина, g/cm ³	1,3	1,5	1,2
Температура омекшања, Викат °C	170	200	92
Постојаност према топлоти, °C	120	140	120
Температура стабилности облика 1,8 N/mm ²	60	200	50
Затезна чврстоћа, daN/cm ²	450	1000	350
Савојна чврстоћа daN/cm ²	-	-	-
Притисна чврстоћа daN/cm ²	-	-	-
Издужење, %	20	2,5	100
Модул еластичности, N/mm ²	2200	8000	1700
Тврдоћа по Роквелу (Скала Р)	110	100	100
Ударна жилавост по Изоду, на 23°C у J/cm ²	0,3	0,7	7
Коеф. линеарног ширења, 10 ⁻⁵ 1/K	10	2-8	10
Специфични запремински отпор, Ωcm	10 ¹⁶ – 10 ¹⁸	-	10 ¹⁶ - 10 ¹⁸
Садржај пуниоца	-	30	-
Отпорност на светло	Добра са црном пигментаацијом		
Квалитет PE 60.30 је стандардна пластична маса			
Квалитет PE 200.70 је пластична маса ојачана стакленим влакнима			
Квалитет PE 50.700 је модифицирана пластична маса			

Табела 5. Својства термопластичне масе полиестера према *FIAT 55235* [2]

Полиестери су отпорни на светло, посебно у црном пигменту. За остале боје потребни су стабилизатори. Хемијски реагенси према којима је отпоран полиестер су ароматични угљоводоници, масти, уља, детерџенти. Осредња постојаност пластичних

маса полиестера су слабе киселине, посебно ако су у кратком контакту.

Радна температура износи од 20°C до 80°C.

Термоотврдњавајући полиестери према *FIAT* – у

Својства смеше незасићених полиестера са минералним пуниоцима и стакленим влакнима (са одређеним или неодређеним правцем) подесне за пресовање под притиском дате су у табели 6. [2]

Својство	SMC LP R20 C7*	SMC LP R25	SMC LP R55	BMC LP R20
Густина g/cm ³	1.7	1.7	1.7	-
Дужина стаклених влакана, mm	50	50	50	13
Постојаност према топлоти, °C	150	150	150	150
Температура стабилности облика 1.8N/mm ²	>200	>200	>200	>200
Затезна чврстоћа, daN/cm ²	140	70	100	32
Савојна чврстоћа, daN/cm ²	300	160	220	700
Притисна чврстоћа, daN/cm ²	-	-	-	-
Издужење, %	>2	>2	>2	>0.8
Модул еластичности, N/mm ²	16000	12000	16000	8500
Тврдоћа по Роквелу (скала Р)	110	110	110	110
Ударна жилавост по Изоду на 23°C J/cm ²	10	8	9	1.7
Коефицијент линеарног ширења, 10 ⁻⁵ I/K	2	2	2	1.4
Специфични запремински отпор, Ωcm	-	-	-	-
Садржај пуниоца	20 (7)*	25**	35**	40-50
Отпорност на светло	Прихватљива само сива боја			
* Садржај стаклених влакана без одређеног правца а у загради садржај стаклених влакана у одређеном правцу (насумично) **Стаклена влакна су без одређеног правца				

Табела 6. Својства термоотврдњавајућег полиестера према *FIAT* 55235

Наведене пластичне масе имају веома мало скупљање па и добијање веома тачних предмета обраде. Примењују се у аутомобилској индустрији за самонесеће бранике, блатобране, покретне кровове и сл. Веома је отпорна на киселине и слабе алкалије и органске раствараче али слабе је отпорности према смеши хлората и кетона.

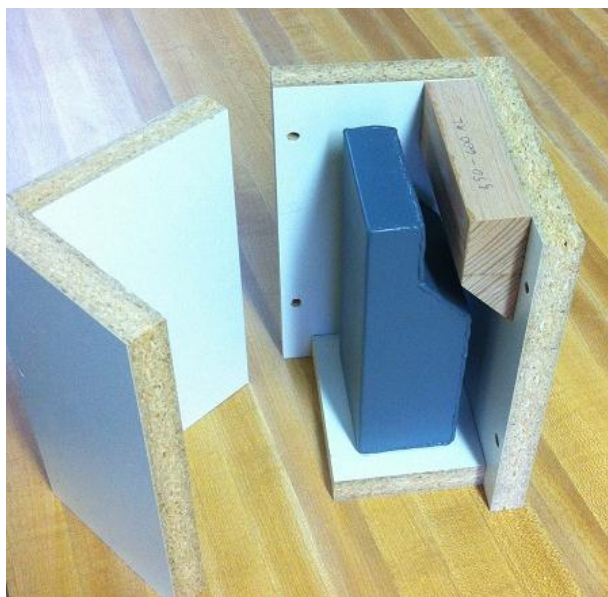
5. Слободно ливење пластике

Ливење полимера обухвата мешање мономера или других полимера мање молекулске тежине са иницијатором полимеризације, насипање мешавине у калуп и процес полимеризације који се догађа на лицу места.

Ливење је веома погодан поступак за израду машинских делова чији је облик компликован или се не могу другачије изградити.

Сам поступак ливења може се описати на следећи начин:

Прво се изради модел дела који се лије, обично од дрвета или метала. На основу њега се направи шупљина у песку или другом материјалу – калуп.



Слика 7. Израда калупа [5]

Како би се утврдила потребна количина мешавине полимера потребана да испуни калуп, може се користити нека друга врста испуне, као на пример вода, песок и сл. На слици 8 приказана је испуна калупа пиринчем. Мерењем количине пиринча која испуњава калупну шупљину добија се запремина шупљине коју треба испунити полимерном мешавином.



Слика 8. Мерење запремине шупљине [5]

При изради дрвеног калупа битно је да дрво не буде порозно како полимерна мешавина не би задрала у шупљине. Овим се обезбеђује да између одливака и калупа буду јасне границе и да одливак не одступа од тражене форме.

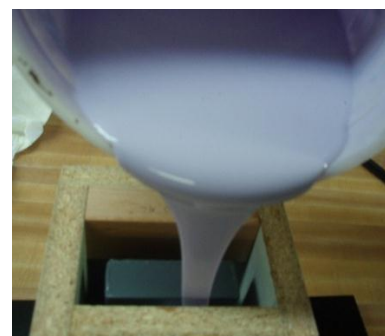
Следећи корак је спремање полимерне мешавине. Мешавина се састоји од полимерне масе и очвршћивача (слика 9а). Током мешања полимерне мешавине долази до стварања великог броја ваздушних мехурина (слика 9б), који се у вакуумској комори извлаче из мешавине. Присуство мехурића негативно утиче на квалитет одливка (порозност), стога мешавина мора бити потпуно хомогена (слика 9в).



а)



б)



в)

Слика 9. Припрема полимерне мешавине [5]

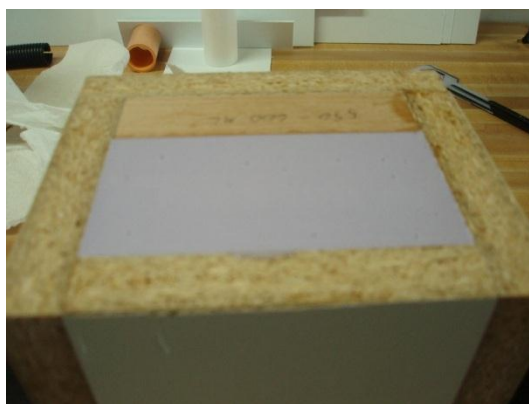
Уколико не постоји вакуумска комора могуће је одстранити мехуриће формирањем танког слоја мешавине. Што је овај слој тањи мехурићи лакше избијају на површину.

Затим се калупна шупљина испуњава мешавином и оставља се да очврсне. (слика

10а и 10б).



а)

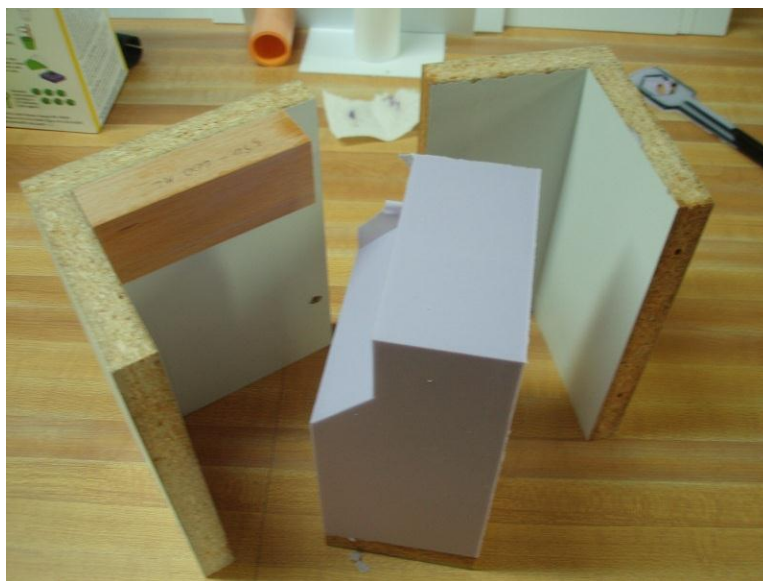


б)

Слика 10. Испуњавање калупне шупљине [5]

Већина пластика очвршћава на собној температури и зато је довољно држати их на температури изнад 15°C.

Након очвршћавања (око 20 сати) одливак се вади из калупа како је приказано на слици 11.



Слика 11. Вађење одливка из калупа [5]

6. Ливење плоча од *Granmatrix*-а у компанији Металац

Полимерна мешавина (*granmatrix*) се састоји из полиестерско акрилне модификоване смоле од 35% до 40%, пуниоца, алуминијум три хидроксида од 60% до 65% и пигмента (боје). Модификована смола, због тога што се приликом загревања на температуру од око 125°C, омекша и може се обликовати према неком калупу.

У машину која се зове *Auto caster* сипа се смола, пуниоц и пигмент. Количина пигмента зависи од боје и дезена плоче која се лије. *Auto caster* меша материјал под вакуумом јер се при мешању полимерне мешавине јављају ваздушни мехурићи које треба извадити напоље. У случају да се ваздушни мехурићи не изваде из полимерне мешавине, они при ливењу плоче могу остати заробљени унутар материјала и тако утицати на квалитет плоче, порозност, хрпавост итд. Изглед *auto caster*-а приказан је на слици 12.

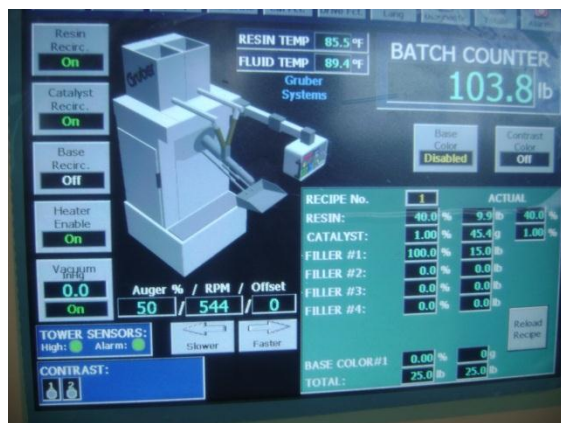


Слика 12. Изглед *auto caster*-а

Auto caster има своју управљачку јединицу (слика 13) на којој се подешава брзина мешања, јачина вакуума, температура, количина мешавине, проценат одређеног материјала у мешавини, итд.



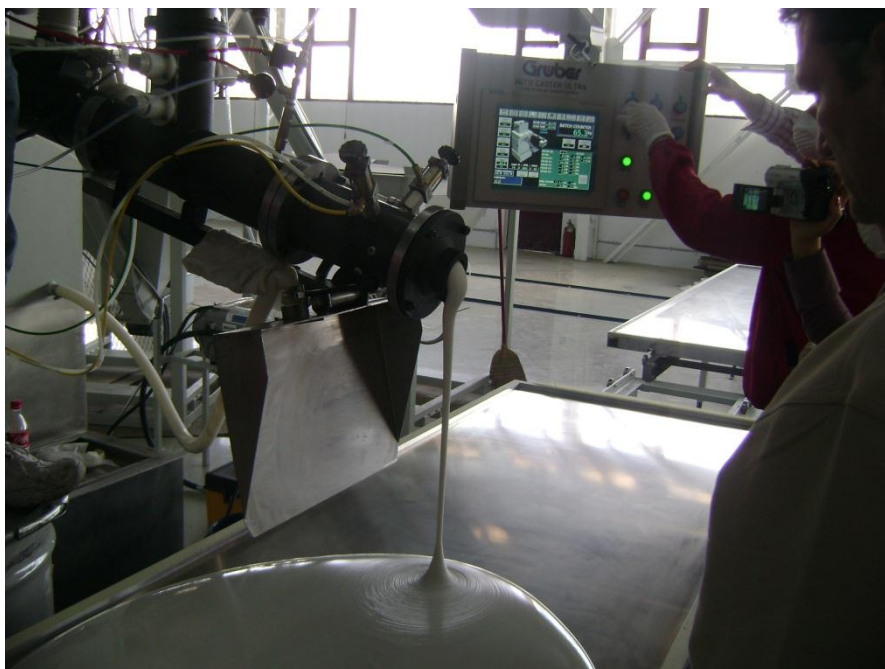
а)



б)

Слика 13. Управљачка јединица *auto caster-a*

Након одређеног времена, мешавина је спремна за испуну калупне шупљине. Калуп се поставља испод цеви којом се полимерна мешавина транспортује из машине до калупа (слика 14).

Слика 14. Ливење плоче *granmatrix*

Када се излије потребна количина материјала у калуп, она се оставља да мирује око 45 минута.

После 20 минута након изливања почиње везивање, очвршћавање (целирање). Услед егзотермне реакције долази до загревања материјала у калупу. Након 40 – 45 минута постиже егзотермни максимум, а температура материјала износи од 70°C до 80°C.

Када достигне свој температурни максимум, плоча се убацује у пећ на температуру 85°C и ту стоји од 4 – 5 сати. Након тога пећ се гаси а плоча се хлади заједно са пећи, па тек кад достигне собну температуру она се вади. Када би се плоча извадила из пећи пре него што се охлади, дошло би до кривљења плоче и прављења шкарта. Изглед пећи приказан је на слици 15.



Слика 15. Изглед пећи за печење *granmatrix-a*

Када плоча изађе из пећи иде на машину за калибрисање, сендер (слика 16), како би се добила захтеване димензије, затим иде на фино шмирглање и полирање и онда је спремна за уградњу.



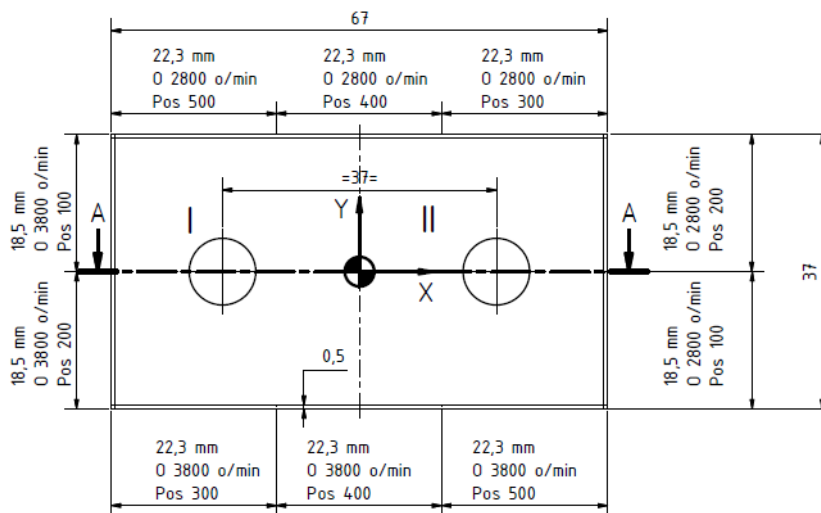
Слика 16. Сендер за калибрисање плоча и површинску дораду.

Уколико је потребно плочу савити око неког калупа, она се загреје на температуру од 118° C до 125° C држи се 15 – 20 минута, омекша и онда се може савијати око калупа, када се охлади задржаће тај облик.

У погону Металац инко од *granmatrix*-а се лију још, каде, судопере и остали кухињски и купатилски намештај.

7. Експериментално истраживање

У складу са темом овог рада обављено је и експериментално истраживање обраде плочица од *granmatrix*-а. Узорци су добијени из фабрике судопера Металац инко која је део компаније Металац из Горњег Милановца. За испитивање је коришћено шест узорка, плочице су димензија 67x37x6мм, различитих текстура. Резање је вршено у десет правилно распоређених сегмената, од којих је четири дужине 18.5мм, а шест дужине 22.3мм. Плочице су резане двама различитим брзинама резања, тако што је прва половина контуре (једна дужа и једна краћа ивица) резана са 2800 о/мин и пет различитих посмака, а другој половини је промењена брзина резања на 3800 о/мин са истим посмацима, што се може видети на цртежу на слици 17.



Слика 17. Цртеж узорка плочице са режимима резања

Експеримент је рађен на глодалици *HAAS Toolroom Mill TM-1HE*, једновретену вертикалну глодалици (слика 18.) са ручном изменом алата, инсталирану на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу. Основна функција разматраног техничког система је механичка обрада делова призматичног облика, мањих 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 НЦ програма.



Слика 18. Технички систем *HAAS Toolroom Mill TM-1HE*, једновретена вертикална глодалица

Суштинска функција дотичног техничког система је да оствари програмом задате наредбе, а технолошка функција обраде реализује се низом елемената, извршних органа, прибора, алата, итд. Извршне органе техничког система покрећу погонски системи, на основу наредби добијених од управљачке јединице. Повратне информације о постигнутим положајима и текућим позицијама извршних органа управљачкој јединици шаљу мерни системи. Логичан распоред захвата је радни програм који обухвата све геометријске и технолошке информације потребне техничком систему за обављање радног задатка. Анализом техничке документације, утврђене су основне карактеристике и подаци о разматраном техничком систему. Дате су у следећој табели 7.:

Радни простор	
Максимум по Х оси	762 мм
Максимум по Y оси	305 мм
Максимум по Z оси	406 мм
Радни сто машине	
Дужина	1213 мм
Ширина	267 мм
Максимална дозвољена тежина	454 кг
Ширина Т жлеба	15.875 мм
Растојање између Т жлеба	102 мм
Број Т жлебова	3
Главно вретено	
Максимална брзина обртања	4000 о/мин
Максимални обртни момент	45 Nm на 1200 о/мин
Снага мотора главног вретена	5.6 kW
Подмазивање лежајева	Ваздушно/уљем
Хлађење	Ваздушно
Помоћно кретање	
Максимална брзина помоћног кретања у свим правцима	5.1 м/мин
Носач алата	
Тип алата	Цт/бт/40
Максимални пречник алата	89 мм
Максимална тежина алата	5.4 кг
Тип могућег измењивача	Цаорусел
Основни подаци	
Тежина машине	1315 кг
Максимални домет по ширини	2159 мм
Максимални домет по дубини	1626 мм
Притисак ваздуха	113 лпм на 6.9 бара
Електрично напајање	9кВА; 208 ВАЦ на 25 А 3 - пхасе

Табела 7. Карактеристике техничког система HAAS Toolroom Mill TM-1HE

Поред механичке обраде на плочицама је вршено и мерење храпавости површина. Ово мерење је рађено на мерном систему *Talysurf 6*. Мерни систем служи за мерење карактеристика микрогеометрије контактних површина приказан на слици 19. 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.

Слика 19. Уређај за мерење храпавости *Talysurf 6*. [11]

$Rt1 - Rt5, \mu m$	Максималне висине профила на референтним дужинама, на дужини оцењивања
$Ra, \mu m$	Средње аритметичко одступање профила на дужини оцењивања
$Rq, \mu m$	Средње квадратно одступање профила на дужини оцењивања
$Ry, \mu m$	Максимална висина профила, максимална Rti вредност
$Rtm, \mu m$	Средња Rti вредност
$Rv, \mu m$	Највећа дубина удубљења профила
$Rp, \mu m$	Највећа висина испупчења профила
$Sm, \mu m$	Средњи корак испупчења профила
$\Delta q, ^\circ$	Средњи квадратни угао нагиба профила
R_{sk}	Коефицијент асиметрије профила, мере симетрије криве расподеле амплитуда
R_{ku}	Куртосис, мера заострености криве расподеле амплитуда
$S, \mu m$	Средњи корак локалних испупчења профила
$R_{3z}, \mu m$	Средња вредност растојања трећег по висини испупчења и трећег по дубини удубљења на референтној дужини профила
$R_{pm}, \mu m$	Средња вредност Rpi одређених на референтним дужинама
$R_{3y}, \mu m$	Највеће растојање трећег по висини испупчења и трећег по дубини удубљења на референтној дужини.

Табела 8. Параметри топографије површине који се мере коришћењем *Talysurf - 6*

Резултати експеримента

Испитивани узорци се могу видети на сликама 20-25, они предстаљају плочице израђене од *granmatrix*-а, како што је речено у претходном поглављу рада. Резултати испитивања су приказани у табелама 9-14 на основу којих је дијаграмски приказан квалитет обрађене површине у зависности од помоћног кретања. Са дијаграма се може уочити да постоје значајна одступања висина неравнина, стога би мерења код којих се та одступања јављају требало поновити.

Плочица А

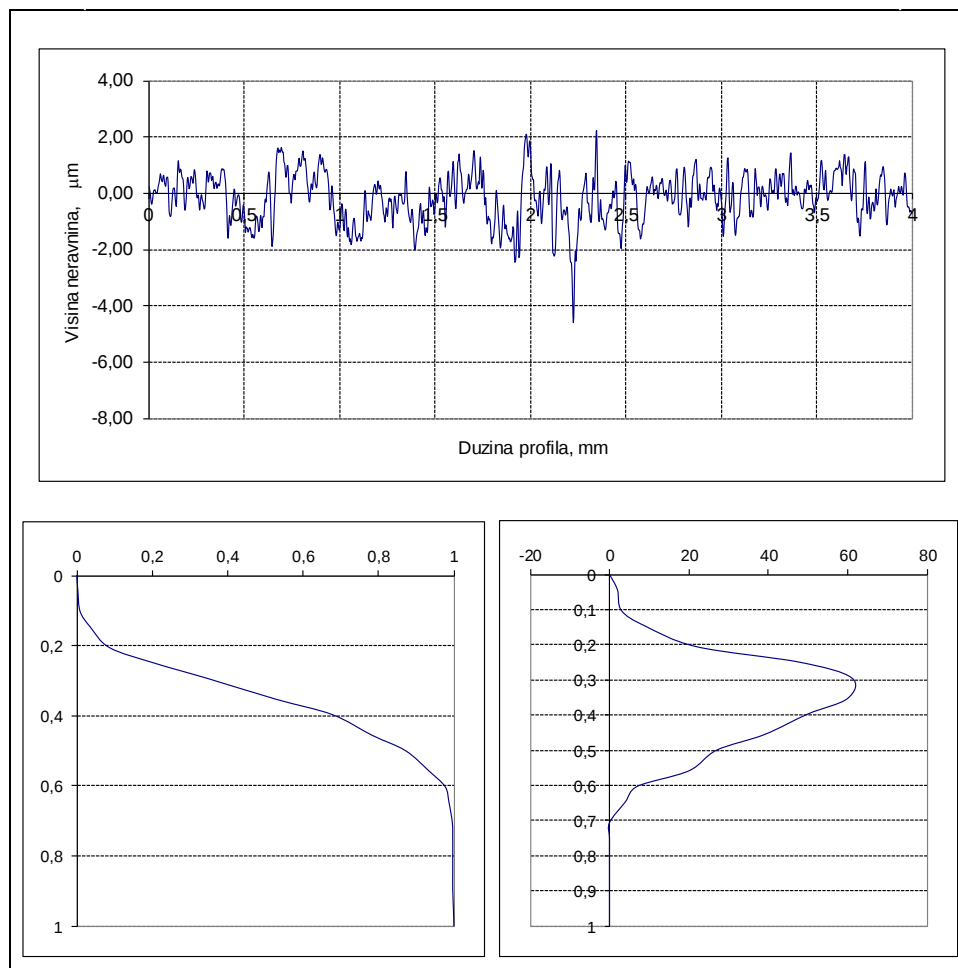


Слика 20. Узорак плочице А

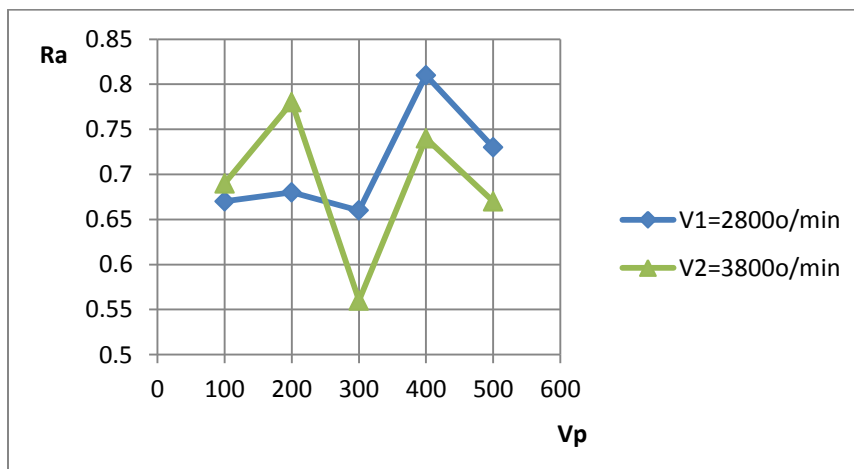
Затезна чврстоћа, N/cm ²	3875
Ударна жилавост, J	1,3
Површинска тврдоћа, HRC	8.5
Материјал	COLPOLY 7167 – 6A

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ra	0.67	0.68	0.66	0.81	0.73	0.69	0.78	0.56	0.74	0.67
Ry	6.8	5.3	9.9	8.1	8.0	5.9	8.1	6.9	6.0	6.8
Rtm	4.0	4.1	4.9	5.7	4.9	4.4	5.9	3.6	5.1	4.0

Табела 9. Резултати мерења храпавости површина за плочицу А



Слика 20. Пример изгледа топографије површине обрађеног дела плочице А



Дијаграм 1. Зависност средњег аритметичког одступања од брзине резања за плочицу А

Плочица Б

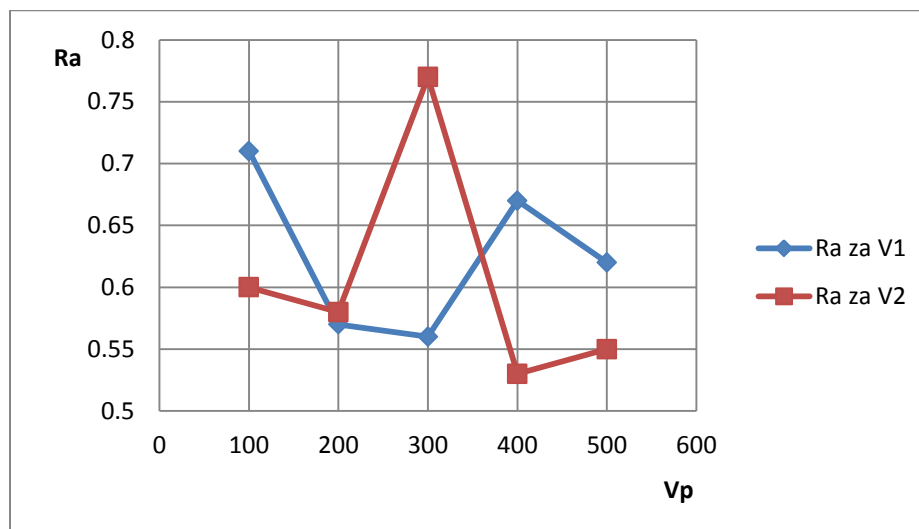


Слика 21. Узорак плочице Б

Затезна чврстоћа, N/cm ²	4149
Ударна жилавост, J	1,4
Површинска тврдоћа, HRC	12,5
Материјал	REICHOLD 32166 - 16

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ra	0.71	0.57	0.56	0.67	0.62	0.60	0.58	0.77	0.53	0.55
Ry	5.5	5.5	5.1	6.0	7.2	5.8	5.3	5.2	4.8	5.0
Rtm	4.4	3.5	3.0	4.9	4.9	4.1	4.2	3.5	4.0	3.9

Табела 10. Резултати мерења храпавости површина за плочицу Б



Дијаграм 2. Зависност средњег аритметичког одступања од брзине резања за плочицу Б

Плочица Ц

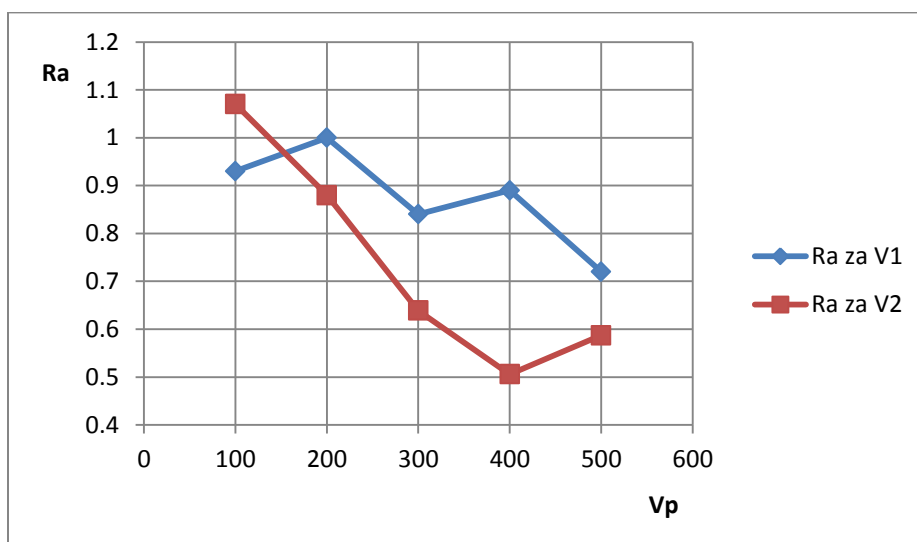


Слика 22. Узорак плочице Ц

Затезна чврстоћа, N/cm ²	4126
Ударна жилавост, J	1,3
Површинска тврдоћа, HRC	12
Материјал	COLPOLY 7167 – 6A

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ra	0.93	1.00	0.84	0.89	0.72	1.07	0.880	0.639	0.506	0.584
Ry	7.7	8.7	5.9	6.3	6.3	16.00	5.94	6.93	4.14	3.85
Rtm	5.9	5.9	5.0	5.1	4.8	7.6	4.33	3.98	3.46	3.34

Табела 11. Резултати мерења храпавости површина за плочицу Ц



Дијаграм 3. Зависност средњег аритметичког одступања од брзине резања за плочицу Ц

Плочица Д

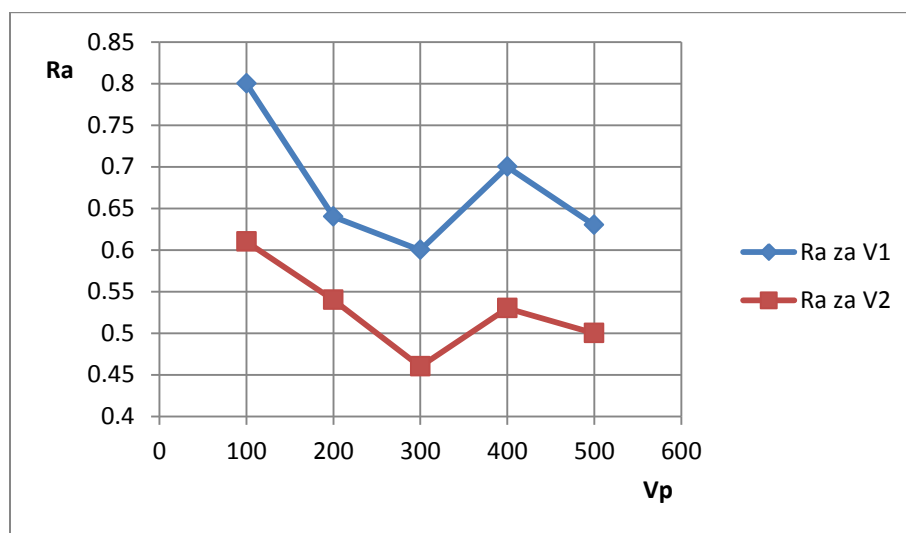


Слика 23. Узорак плочице Д

Затезна чврстоћа, N/cm ²	3899
Ударна жилавост, J	1,3
Површинска тврдоћа, HRC	12
Материјал	REICHOLD 32166 - 16

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ra	0.80	0.64	0.60	0.70	0.63	0.61	0.54	0.46	0.53	0.50
Ry	8.5	4.7	8.3	5.9	7.1	6.5	4.1	3.7	6.5	4.0
Rtm	5.3	4.2	4.5	4.2	3.9	4.3	2.9	2.8	4.2	3.1

Табела 12. Резултати мерења храпавости површина за плочицу Д



Дијаграм 4. Зависност средњег аритметичког одступања од брзине резања за плочицу Д

Плочица Е

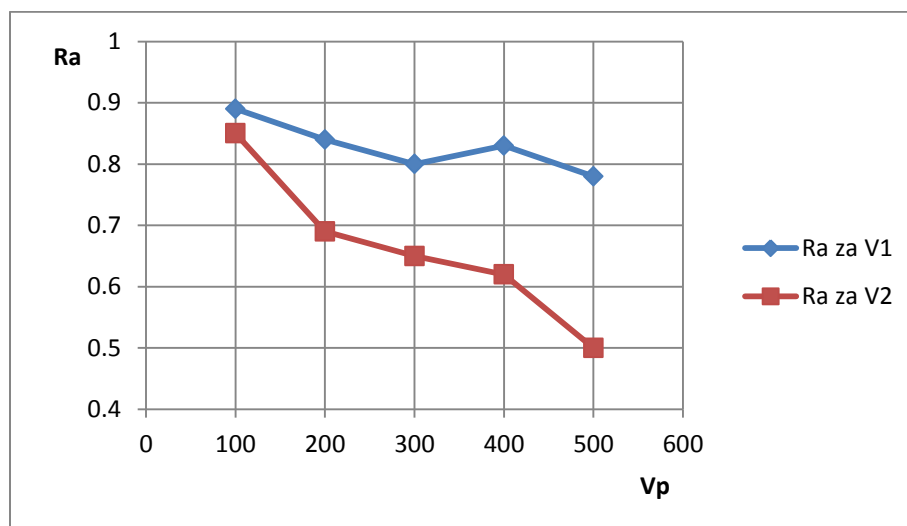


Слика 24. Узорак плочице Е

Затезна чврстоћа, N/cm ²	3994
Ударна жилавост, J	1,3
Површинска тврдоћа, HRC	10
Материјал	COLPOLY 7167 – 6A

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ra	0.89	0.84	0.80	0.83	0.78	0.85	0.69	0.65	0.62	0.50
Ry	8.6	9.1	6.5	7.0	7.9	7.6	5.6	8.1	7.3	5.5
Rtm	4.7	5.4	4.9	5.5	5.0	5.9	4.2	4.3	4.6	3.0

Табела 13. Резултати мерења храпавости површина за плочицу Е



Дијаграм 5. Зависност средњег аритметичког одступања од брзине резања за плочицу Е

Плочица Ф

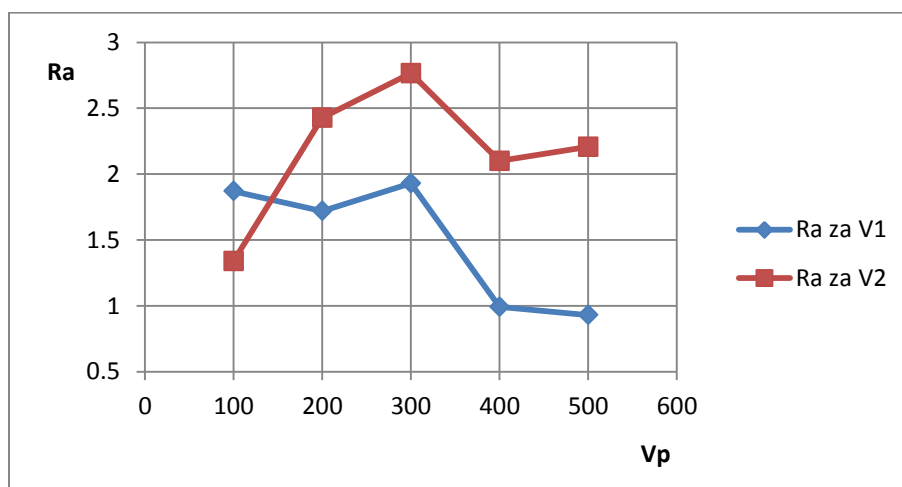


Слика 25. Узорак плочице Ф

Затезна чврстоћа, N/cm ²	4031
Ударна жилавост, J	1,4
Површинска тврдоћа, HRC	13,5
Материјал	COLPOLY 7167 – 6A

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ra	1.87	1.72	1.92	0.993	0.930	1.340	2.427	2.765	2.100	2.207
Ry	13.1	11.2	18.3	7.36	9.79	8.40	17.11	16.91	13.56	16.77
Rtm	40.7	10.4	12.3	6.12	6.66	6.44	12.61	13.28	11.03	9.79

Табела 14. Резултати мерења храпавости површина за плочицу Ф



Дијаграм 6. Зависност средњег аритметичког одступања од брзине резања за плочицу Ф

8. Закључак

Предузеће Металац Горњи Милановац је поред велике економске кризе не само у нашој држави већ и широм света, у свом послу међу водећим на балканском, европском, а у последњем времену је почео и извоз својих производа и на америчком тржишту. Предузеће Металац се не базира само на производњи судопера, већ и кухињског посуђа (шерпи, тигања, лонаца, џезви итд.), бојлера, амбалажа и најновијег производа соларних пећи. Тако да велики значај предузеће Металац даје развоју новог производа, који би задовољавали све веће потребе потрошача.

У оквиру овог рада је разматрана и анализирана технологија ливења плоча од granmatrix-а у компанији Металац из Горњег Милановца, као и квалитет обрађених површина након механичке обраде. Дат је пример слободног ливења пластичних маса и преглед карактеристика композитних материјала.

У задњем поглављу дат је приказ резултата добијених након механичке обраде извршене у лабораторији на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу. У табелама су приказани резултати R_a , R_y и R_{tm} , на основу којих су добијени дијаграми који показују зависност средњег аритметичког одступања (R_a) од брзине резања. На неким местима на дијаграму се може уочити да постоје значајна одступања висина неравнина па је на тим местима потребно поновити мерење.

Након ових мерења установили смо да добијени квалитет површина задовољава наше захтеве. Извршеном обрадом, показали смо да је овај материјал могуће обрађивати и механичком обрадом уколико буде потребе за тим.

9. Литература

- [1] Недић, Богдан, *Технологије прераде пластичних маса*, Машински факултет Крагујевац, 2007.
- [2] Недић Богдан: *Пластичне масе*, Машински факултет Крагујевац 2004.
- [3] Др Момчило Стевановић: *Влакнима ојачани полимерни композити*, Партенон, Београд 2002.
- [4] Милан Станојевић: *Примена технологија израде ручица од бакелита*, Дипломски рад, Факултет инжењерских наука Крагујевац,
- [5] Casting project, интернет страница:
<file:///G:/livenje%20plastike/Casting%20project%20using%20Stefans%20plans%20-%20Page%20%20-%20Community%20-%20Ghostbusters%20Fans%20Forum.htm>,
приступљено 20.06.2013.
- [6] *Granmatix*, интернет страница: <http://www.granmatrix.com/#/granmatrix>, приступљено 15.07.2013.
- [7] *Solid Surface materijali*, интернет страница:
<http://www.gradjevinarstvo.rs/PrintTekst.aspx?tekstid=486>, приступљено 15.06.2013.
- [8] Део семинарског из Основа маркетинга, интернет страница:
<http://www.scribd.com/doc/69483324/Deo-seminarskog-iz-Osnova-Marketinga>,
приступљено 15.06.2013.
- [9] *Полиестер*, интернет страница:
http://www.tehnikakb.com/files/Image/proizvodi/ostali_nemetalni_materijali/POLIESTER,
приступљено 23.08.2013.
- [10] *Полимерни материјали*, интернет страница:
<http://www.gradst.hr/Portals/9/docs/katedre/Gradjevinski%20materijali/web/POLIMERNI%20%20MATERIJALI.pdf>, приступљено 26.08.2013.
- [11] Бојан С Богдановић, *Софтверска и хардверска подршка уређају за мерење храпавости TALYSURF 6*, Семинарски рад, Факултет инжењерских наука, Крагујевац 2013.