

ИНТЕГРИСАНИ ПРИСТУП ФАБРИКАЦИЈИ ПАВИЉОНА ОД САВИЈЕНИХ ПОВРШИНСКИХ ПЛОЧАСТИХ ЕЛЕМЕНАТА ДОБИЈЕНИХ МЕТОДОМ ЗАСЕЦАЊА**INTEGRATED APPROACH TO FABRICATION OF PAVILIONS FROM BENT SURFACE PLATE ELEMENTS OBTAINED BY CUTTING METHOD**

Стефан Пејић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област- АРХИТЕКТУРА

Кратак садржај – *Тема овог рада огледа се у истраживачком процесу могућности генерисања и фабриковања павиљонске структуре у размери 1:1. Павиљон се састоји од низа површинских елемената које је потребно обрадити и савити на основу претходно дефинисаног изгледа структуре, односно претходно истраженог и примењеног облика засека и параметара који га дефинишу кроз одабрани материјал.*

Кључне речи: Дизајн, фабрикација, павиљон, савијање, керф

Abstract – *The topic of this paper is reflected through the research process of the possibility of generation and fabrication of the pavilion structure in a 1:1 scale. The pavilion consists of a row of surface elements that need to be primarily processed and bent to the base with previously defined appearance of the structure, i.e. previously researched and applied shape of the incision and the parameters that define it through the selected material.*

Keywords: *Design, fabrication, Pavilion, bending, Kerf*

1. УВОД

Развој архитектуре савременог доба све мање карактеришу само стил и форма. Правац коме савремена архитектура тежи јесте максимално искоришћење предности данашњих технологија. Оно што разликује авангардни од конзервативног приступа архитектури јесте управо примена дигиталних техника. Данас, савремена архитектура захваљујући научно технолошком развоју се мање бави само стилем и дизајном форме, већ наспурот томе, настоји да обухвати читав стваралачки процес укључујући дигитални дизајн.

1.1. Област истраживања

У прошлости архитекте су цртале искључиво оно што су могле да изграде и градиле оно што су могле да нацртају. Реципроцитет између средстава презентације и производње потпуно је нестао у дигиталном добу [1].

Спознаја могућности и доступност одређених софтвера и машина за фабрикацију дала је архитектама могућност да својим пројектима утичу на развој наведених ствари. Последница тога јесте да су архитекте

постепено директно укључене у процес фабрикације стварајући информације које произвођачи употребних средстава користе у циљу побољшања производа који нуде.

1.2 Тема истраживања

Тема овог рада огледа се у истраживачком процесу могућности генерисања и фабриковања павиљонске структуре у размери 1:1. Павиљон се састоји од низа површинских елемената које је потребно обрадити и савити на основу претходно дефинисаног изгледа структуре, односно претходно истраженог и примењеног облика засека и параметара који га дефинишу кроз одабрани материјал.

1.3 Дрво као употребни материјал

Дрво је као грађевински материјал примењивано још од давнина и поред камена, све до проналаска гвожђа, дуго је био основни материјал за грађење [2]. Главни разлог за то јесте што је њиме могуће направити једноставне структуре са веома малом количином алата или чак и без њега. Само дрво пружало је веома велике могућности за примену, али је неминовна еволуција и тежња ка развоју стваралаштва довела до спознаје вештина за обраду, заштиту материјала па чак и детаљну анализу његових својстава која имају директан утицај на примену. Најбржи метод за савијање дрвених површина назива се керф бендинг (енг. „Kerf Bending”) (слика број 1) и односи се на технику уклањања материјала на прецизно одређеним местима на површини елемената чиме структура бива ослабљена и самим тим савитљива [3,4].



Слика број 1– Приказ начина савијања дрвета путем керф бендинг (енг. „Kerf Bending”) методе

Уклањање материјала може бити произвољно одређено, али уколико је потребно постићи тачну позицију савијања, као и степен истог, потребно је генерисати алгоритам који то директно одређује. Пионир ове технике био је истраживач Арон Портерфилд који је истраживао различите обрасце емпиријским експериментима помоћу ласерског секача, кроз симулацију путем софтвера Риноцерос (енг. „Rhinoseros”) уз помоћ додатка за визуелно

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Марко Јовановић, доцент.

програмирање, Грасхопер (енг. „Grasshopper“) [5]. Променом променљивих параметара који карактеришу овај принцип ослабљивања дрвета, могуће је извести закључке корисне за даљу примену ове технике [6].

1.5. Проблем истраживања

Проблемски задатак огледа се у процесу проналаска величине и тачне позиције површине коју је потребно покрити дефинисаним шаблоном да би се могло извести адекватно савијање плочастих елемената. Затим, у проналаску начина фабриковања унапред генерисане форме. То обухвата поступак истраживања могућности генерисања ћелија на основу дефинисаног материјала, односно савладавања свих потребних углова применом шаблона и задржавање добијеног облика без употребе додатних сегмената за укрућење.

1.6 Циљ истраживања

Циљ овог истраживања јесте установити приступ тј. поступак дизајна и фабриковања павиљонских конструкција направљених од површинских дрвених плоча, савијених помоћу методе засецања. Процес се базира на изради алгоритма који дефинише адекватна места на којима треба да се позиционира патерн, као и оптималну дужину трака која на најбољи начин одговара предвиђеној форми. Стога потребно је емпиријским путем утврдити параметре који спрам одабраног материјала на то утичу и тиме условљавају могућност фабриковања.

1.7. Критеријум истраживања

Критеријуми истраживања заснивају се на анализи могућности реализације павиљона са аспекта утврђивања у којој мери софтверски генерисана структура одговара стварно фабрикованим елементима. То укључује анализу комплексности и могућности фабриковања, односно проверу да ли је могуће добро савити траке према унапред дефинисаним облицима. Добро савијање у овом случају значи проверу и проналазак односа параметара којима се избегава могућност пуцања структуре приликом употребе патерна за засецање тј. савијање материјала. Посебан критеријум карактерише стабилност овако генерисаног склопа.

2. МЕТОДЕ

За потребе спровођења истраживања о фабриковању архитектонских форми сачињених од савитљивих дрвених плоча, потребно је осврнути се на неколико аспеката. Први и уједно најбитнији представља одабир материјала као и вршење анализе перформанси, у овом случају савијања на основу парцијалног засецања. Након уводне анализе, добијају се подаци о минималним односно максималним могућностима савијања елемената, који даље могу да се користе у фази дизајна архитектонске форме. За дизајн је одабрана павиљонска форма, која својим ефемерним својствима као и променљивом типологијом може бити веома добро средство за проверу концепта примене савитљивих дрвених елемената коришћених за израду. Добијене информације о материјалу и одабрани дизајн користе се за дефинисање фазе фабриковања.

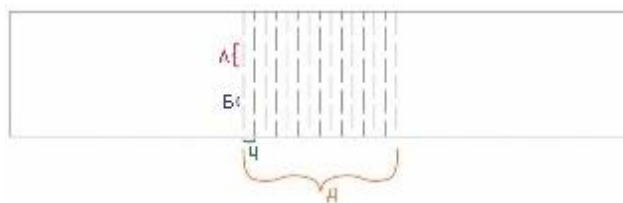
2.1. Избор употребног материјала

У архитектури се за израду конструктивних елемената у великој мери користи пуно дрво, такође иверица и медијанпан употребљавају се за израду корпуса елемената намештаја односно фронтана и слично.

За дизајн и фабриковање павиљона од савитљивих елемената потребно је размотрити стратегију и фокусирати се на материјале који имају специфична својства. То значи да је у овом случају потребно избећи материјале који имају велику масу, чврстину и дебљину. Сходно томе, потребно је базирати се на материјале који имају изражену могућност савитљивости. То својство, због своје ламелиране структуре, настале вишеслојним лепљењем фурнира поседује шперплоча што је такође уочено на примеру павиљона студената МИТ-а. Поред тога, тање плоче МДФ-а такође могу бити употребљене у сврхе истраживања јер овај материјал настаје кувањем и пресовањем мешавине пиљевине и лепка чиме структура постаје изразито хомогена. Стога је за потребе овог истраживања одабрано да су два најподобнија материјала, од чијих узорака је потребно извршити анализу, шперплоча и МДФ.

Као облик засека примењен је шаблон чијим се дизајном и развојем бавио „Aron Porterfield“ [5] и који се састоји од низа паралелних снопова група испрекиданих линија које сходно ширини плоче имају одређени број прекида дефинисаних у односу на дужину засека и ширину плоче. Овај образац је најчешћи образац који је примењен на структуре код којих је употребљен овакав метод савијања [7].

Пре него што се утврди оптималан распоред скупа паралелних линија за засецање материјала потребно је утврдити параметре чијом променом се перформансе материјала могу тестирати. Најбитнији параметри, који се могу сагледати на слици број 2 јесу: А – дужина засека; Б – вертикално растојање између засека; Ц – хоризонтално растојање између засека; Д – број понављања



Слика број 2- Илустровани приказ употребних параметара

Овом методом ослабљивања дрвета достиже се висок степен закривљености плоче и стога је емпиријским путем потребно пронаћи најадекватнији однос и изглед шаблона који се даље може применити у процесу фабриковања.

Детаљном анализом ове фазе истраживања добијају се кључни параметри потребни за дефинисање алгоритма којим се прецизно утврђују места које је потребно засецањем ослабити, односно финални облик патерна.

2.1.1 Генерисање шаблона засецања

Проналазак најподобнијег односа параметара А – Б – Ц –Д директно утиче на одабир и примену добијених података у даљем процесу генерисања алгоритма. Дobar однос одабраних вредности одликује чврстину елемента након савијања, као и то да при постизању потребног угла трака не пукне.

2.1.2 Друга итерација анализе узорака шперплоче

За другостепену анализу (табела број 1) одабране су три варијације дужина линија као и осталих параметара. Сходно томе, у склопу нове анализе приказан је додатни параметар – торзија који је подобан податак за даљу примену материјала и укључивања истог у процес фабриковања.

Торзија плоча се потенцијално може јавити при формирању односно при спајању суседних ћелија, а уједно и при генерисању оних које имају двоструку закривљеност.

Стога се на основу пређашњих анализа може приметити да број понављања групе линија у односу на параметар [Ц] директно утиче на угао пуцања. Такође кроз истраживање је уочено да сам материјал дозвољава торзију и да је променом параметра [Д] могуће директно утицати на степен исте. Повећање вредности параметра [Д] директно утиче на степен торзије.

Димензија_А [цм]	Димензија_Б [цм]	Димензија_Ц [цм]	Број понављања_Д	Угао пуцања [°]	Степен торзије [°]
1.5	0.3	0.3	35	180	15
1.5	0.3	0.3	15	105	10
1.5	0.3	0.3	10	90	5
1.5	0.3	0.3	5	60	5
1	0.5	0.3	35	105	15
1	0.5	0.3	15	75	10
1	0.5	0.3	10	60	5
1	0.5	0.3	5	45	5
0.7	0.5	0.15	35	135	15
0.7	0.5	0.15	15	75	10
0.7	0.5	0.15	10	60	5
0.7	0.5	0.15	5	45	5

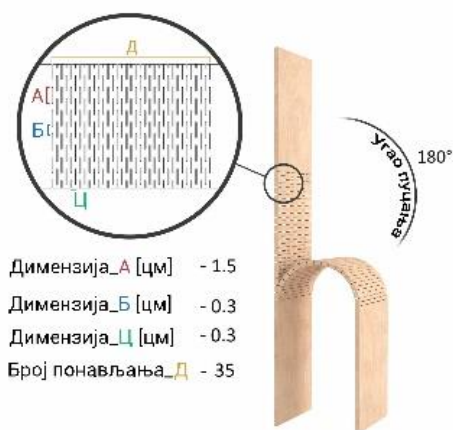
Табела број 1 – Табеларни приказ друге итерације анализе шперплоче дебљине 3мм

На основу претходних анализа, изабране су три групе параметара примењених на шперплочу који испуњавају следеће карактеристике:

1. Добра флексибилност
2. Добра флексиона крутост
3. Могућност торзије

Као најбољи однос параметара одабран је систем 1.5_0.3_0.3_35 из разлога што је могуће досегнути максималан критичан угао (слика број 3) за сваку силу коју је потребно савладати, а такође је веома битно нагласити да између групе линија има сасвим довољно материјала који одржава крутост и стабилност сегмента.

Након што је утврђено какав шаблон треба да имају елементи и коју површину заузимају, могуће је искористити те податке за дизајн павиљона.



Слика број 3 – 3Д приказ сегмента одабраног односа параметра

2.2 Дефинисање облика павиљона и генерисање структуре

Павиљонске структуре могу имати било какав облик, за разлику од неких структура код којих је облик прилично ограничен стандардизованим нормама, на пример код архетипског облика куће. У овом случају облик павиљона треба да буде самоносива конструкција код кога ће силе притиска постојати и које је за разлику од затезања много боље контролисати употребљеним савитљивим елементима.

Постоје разни приступи генерисања слободностојећих форми, али у овом случају се приступ заснива на примени динамичке релаксације, односно нумеричке методе за проналажење облика структуре код које су све силе у равнотежи.

Узимајући да су ћелије, облик и материјализација павиљона дефинисани, наредни корак ка процесу фабриковања представља припремну анализу сваке засебне воронои ћелије. То значи да је потребно испитати и извршити проналазак "критичних" углова које је неопходно савладати и на тим местима довољно ослабити материјал, при чему не сме доћи до пуцања материјала.

Уз помоћ алгоритма дефинисаног унутар софтвера Грасхопер (енг. „Gashopper“), дијаграмским приказом могуће је утврдити критичне регије сваке воронои ћелије. На приказаном примеру једне од ћелија, црвеном бојом назначени су критични моменти, где је уједно и највећи угао савијања. Жутом бојом приказани су делови код којих је знатно мањи угао савијања, док зелено приказани сегменти скоро уопште не подлежу савијању (слика број 4).



Слика број 4 – Дијаграмски приказ утицаја сила на једној од ћелија

2.3 Фабриковање павиљона

У овом поглављу акценат ће бити на фабриковању дате структуре. Узимајући у обзир да је број елемената који је чине велик, биће урађен само један сегмент, назначен црвеном бојом (слика број 5), како би се извршило доказивање концепта рада.

Такође одабраних 7 ћелија представљају оне које имају веома изражене критичне моменте савијања, међусобне спојеве, а такође и одређен степен торзије на појединим местима.

Величина назначених ћелија варира, што имплицира да их чине варијабилне дужине трака.



Слика број 5 – Приказ одабраног сегмента

3. РЕЗУЛТАТИ ФАБРИКОВАЊА

Тестирани површински елемент у виду трака од шперлоче има могућност савијања применом дефинисаног шаблона и веома добро подноси засецање достижући, без лома структуре, све углове потребне за генерисање ћелија. Затим, на основу одабраног и анализираног узорка, јасно се могу утврдити квалитети, недостаци и мане овако генерисане и фабриковане структуре.

Први проблем се јавља код дефинисања облика ћелија где се на основу два тестирана метода добијања тачног облика ћелије јавља проблем са претераним укрућењем структуре и изузећем торзије у великој мери, као веома битног фактора при обликовању павиљона.

Резултат тог процеса огледа се у томе да је свако средство које није флексибилно, односно које спајањем са ћелијом дуж средишње линије не дозвољава међусобно пријањање ћелија неупотребљиво.

Поред тога, проблем се уочава при спајању трака, јер плочице, односно шrafoви на појединим местима доводе до одступања ћелија у размаку од неколико милиметара, где је грешка прилично уочљива.

У овом случају то је делимично решено применом урезјујућих шrafoва али то није најбоље могуће решење јер и њиховом применом настају мала одступања. Ћелије изведеног стања, које су у овом случају међусобно спојене металним штипаљкама, а унутар којих се не налази елемент који укрућује или дефинише њихов облик као резултат дају визуелно приближан облик софтверски дефинисане структуре.

4. ЗАКЉУЧАК

Претходно урађеном анализом процеса дизајна и фабриковања павиљона насталог савијањем површинских елемената, применом методе засецања долази се до закључка да је њоме могуће извршити правилно конструисање ћелија које одговарају моделу. Поступак примене шаблона засецања показао се као веома добар у процесу фабрикације јер сви углови које је било потребно савладати су успешно достигнути, без пуцања структуре. Ласерским секачем је веома једноставно обрадити траке мањих дебљина, попут ових примењених у истраживачком процесу. Добро дефинисаном формом, односно теселацијом ћелија дуж површине структуре отвара се пут ка успешном процесу фабриковања. Такође алгоритмом је омогућено прецизно одређивање места засека. Тиме је, као и добрим уносом параметара за засецање одабране дебљине материјала знатно убрзан, а самим тим и омогућен прецизан процес фабрикације ћелија павиљона. Одабраним системом односа параметара 1.5_0.3_0.3_35 савладани су сви потребни углови и успешно генерисане све ћелије предвиђене за фабриковање. Приметан је веома мали проценат отпада насталог обрадом материјала, односно висок степен искориштења материјала.

Процесом дигиталног дизајна у релацији са јасно дефинисаним процесом фабрикације, добија се могућност генерисања павиљона насталог савијањем површинских елемената коју је даљим фазама разраде на основу резултата рада могуће знатно унапредити.

5. ЛИТЕРАТУРА

Попис извора:

- [1] Howard W. Aschraft (2008) - Building Information Modeling: A Framework for Collaboration
- [2] Samson, M. D. (2016), Hut Pavilion Shrine: Architectural Archetypes in Mid-Century Modernism
- [3] Gillkvist O., Henriksson V., Poulsen E., (2016) Digital Wood - Design & fabrication of a full-scale exhibition structure in plywood
- [4] Mitov D., Tepavčević B., Stojaković V., Bajšanski I., (2019) Kerf Bending Strategy for Thick Planar Sheet Materials
- [5] Aaron Porterfield. (2017) - Curved Kerf Bending Part 2. Instructables.
- [6] Kalama A. M., Tzoni D., Symeonidou I. (2021)- Kerf Bending: A Genealogy Of Cutting Patterns
- [7] Kalama A. M., Tzoni D., Symeonidou I. (2021)- Kerf Bending: A Genealogy Of Cutting Patterns For Single And Double Curvature

Слика 1- <https://www.arch2o.com/how-to-bend-wood-arch2o.com>, преузето августа 2022. Године

Слика 2 - 5 – лична архива

Табела 1 – лична архива

Кратка биографија:



Стефан Пејић рођен је у Новом Саду 1997. године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Архитектура (Дигитални дизајн и фабрикација) одбранио је 2022. године.