

РЕЦЕНЗИЈА
НА ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА ПОД НАСЛОВ „РАЗВОЈ НА
МАТЕМАТИЧКИ МОДЕЛИ ЗА ДИЗАЈН НА СИМЕТРИЧНИ И
АСИМЕТРИЧНИ КОМПОЗИТНИ ДЕЛОВИ“, ИЗРАБОТЕНА ОД М-Р ФИЛИП
КОЧОСКИ, ПРИЈАВЕНА НА ТЕХНОЛОШКО-ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ,
УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ ВО ШТИП

Со Одлука број 0206-1163/5 од 7.12.2023 година, донесена од Наставно-научниот совет на докторски студии на Кампус 2 (биотехнички, техничко-технолошки и природно-математички науки) при Универзитет „Гоце Делчев“ во Штип, формирана е Комисија за оценка и одбрана на докторската дисертација под наслов „Развој на математички модели за дизајн на симетрични и асиметрични композитни делови“, во состав:

- проф. д-р Светлана Ристеска, претседател;
- проф. д-р Винета Сребренкоска, член, интересен ментор;
- проф. д-р Емилија Фиданчевски, член, екстерен ментор;
- проф. д-р Благој Голомеов, член;
- проф. д-р Владо Гичев, член.

Комисијата во наведениот состав, по прегледувањето на докторската дисертацијата, го поднесува следниов

ИЗВЕШТАЈ

Анализа на трудот

Докторската дисертација е презентирана на 258 страници и содржи: вовед, литературен преглед, експериментален дел, резултати и дискусија, заклучок и литература. Дисертацијата содржи 13 табела и 112 слики.

Докторска дисертација е фокусирана на истражувања за развој на математички модели при дизајнирање на симетрични и асиметрични композитни делови - при нивно производство - користејќи технологијата за намотување на влакна (filament winding technology, FW). Во воведниот дел, дисертацијата ги презентира предностите на композитните материјали во однос на традиционалните материјали во различни индустрии, како и современите технологии кои се користат за нивно производство. Даден е детален преглед на композитните материјали, нивните својства и примена. Технологијата за намотување со влакна и методите за дизајн на композитни делови се опишани во детали. Презентирани се материјалите кои најчесто се користат за изработка на овие делови, како и техничките перформанси и барањата за развој на нови математички модели при дизајнирање на симетрични и асиметрични делови.

Во литературниот преглед дисертацијата ги презентира последните истражувања во оваа област. Воедно, во дисертацијата се анализирани стаклените влакна кои се апликативни за изработка на композитни делови и математички модели за предвидување на патеката на движење на влакната при нивно намотување на симетрични и асиметрични делови. Посебен осврт е направен за досега применуваните математички методи за дизајн на патека на влакната при нивно намотување со примена на FW технологијата, методите за тестирање на композитните примероци и стандардите за нивна подготовка.

Во експерименталниот дел, дисертацијата ги презентира материјалите кои се користени за изработка на симетрични (композитни цевки) и асиметрични композитни делови, методите за дизајн на патека и технологијата за намотување на влакна. Дадени се сите чекори за развојот на математичките методи при дизајнот на композитните делови, а направен е и целосен дизајн на цевка за да се потврди точноста на моделот преку експериментални тестирања. Исто така, презентирани се постапките за добивање и методите за тестирање на симетричните композитни делови (композитни цевки) и направени се графички симулации на дизајните.

Во поглавјето резултати и дискусија, дисертацијата ги презентира добиените резултати, односно презентирани се математичките модели на патеките на движење на влакната во FW технологијата за добивање како на симетрични композитни делови (цевки, резервоари и сл.), така и за асиметрични делови. За прецизно и точно добивање на моделите разгледуван е аголот на намотување на влакната како влијателен фактор, а останатите процесни фактори се земени константни според искуството од индустријата. Врз основа на развиените математички модели за патеката на влакната и дизајнот на цевката, произведени се симетрични композитни примероци (композитни цевки) со различни агли на намотување: 30° , 45° , 60° и 90° , како и примероци со комбинација на агли на намотување. Во дисертацијата се презентирани различните - комбинации од произведените примероци. Исто така, направена е анализа на добиените композитни цевки и дадени се резултатите од направените истражувања за механичките карактеристики и изржливоста на внатрешен висок притисок на цевките, што всушност е едно од поставените барања и цели во дисертацијата. Направен е развој на нови методи за дизајн на математички модел за патека на влакна за добивање на посложени асиметрични композитни делови. Дополнително, направени се и графички симулации на дизајните.

На крај, дисертацијата ги презентира заклучоците од целокупното истражување и користената литература при оформување на докторската дисертација. Добиените математички модели ги задоволуваат барањата за современ дизајн кој истовремено обезбедува оптимизирано и прецизно производство на композитни цевки и минимално генерирање на отпад.

Предмет на истражување и краток опис на применетите методи

Докторската дисертација е структурирана во два зависно поврзани делови, кои се фокусираат на развојот на математички модели за дизајнирање на симетрични и асиметрични композитни делови.

Првиот дел од дисертацијата е посветен на развојот на математички модели на патеките на движење на стаклените влакна во FW технологијата за производство на симетрични композитни делови, како што се цевки, резервоари и сл. За да се обезбеди прецизно и точно моделирање, аголот на намотување на влакната е разгледан како влијателен фактор, додека останатите процесни фактори се земени како константни, во согласност со индустриските стандарди. Покрај тоа, извршен е целосен дизајн на цевка за да се потврди точноста на моделот преку експериментални испитувања. Врз основа на развиените математички модели за патеката на влакната и дизајнот на цевката, произведени се симетрични композитни примероци (композитни цевки) со различни агли на намотување: 30° , 45° , 60° и 90° , како и примероци со комбинација на агли на намотување. Сите

произведени композитни примероци се подложени на лабораториски тестирања за јачината на истегнување (hoop tensile strength), со цел да се исполни барањата за квалитет на композитните цевки: отпорност на висок внатрешен притисок. Резултатите од испитувањата покажуваат дека предвиденото однесување на симетричните композитни делови (композитни цевки) се совпаѓа со резултатите од испитувањата на така произведените примероци. Ова истражување резултира со развој на математички модели за дизајнот на патеката на влакната врз симетрични површини, што води до оптимизирано и прецизно производство на композитни цевки и минимално генерирање на отпаден материјал.

Вториот дел од дисертацијата е посветен на истражување и развој на нови методи за дизајнирање на математички модел за патеката на влакната за производство на посложени асиметрични композитни делови. Дополнително, извршени се графички симулации на дизајните. Предвидувањето на однесувањето на асиметричните композитни цевки е направено врз основа на заклучоците од експерименталните испитувања од првиот дел за симетрични композитни цевки и со логички пресликувања на тоа однесување врз посложените асиметрични модели.

Краток опис на резултатите од истражувањето

Докторската дисертација е посветена на целосно истражување на технологијата на намотување со влакна, со цел да се развие математичко моделирање на дизајнот на патеката на влакната во симетрични и асиметрични форми. Исто така, развиен е нов метод базиран на параметарски домен за дизајнирање на патеката на влакната на произволни површини. Дополнително, извршена е механичка карактеризација на композитните примероци. Механичките испитувања извршени на композитните примероци (цевки) обезбедуваат важни информации за однесувањето на примероците во зависност од дизајнот.

Во рамките на истражувањата во дисертацијата, развиени се математички модели на патеките на движење на влакната во FW технологијата за производство на симетрични композитни делови, како што се цевки, резервоари и сл. Извршен е целосен дизајн на цевка за да се потврди точноста на моделот преку експериментални испитувања. Врз основа на развиените математички модели за патеката на влакната и дизајнот на цевката, произведени се симетрични композитни примероци (композитни цевки) со различни агли на намотување: 30°, 45°, 60° и 90°, како и примероци со комбинација на аглите на намотување. Резултатите од механичките испитувања на примероците покажуваат дека предвиденото однесување на симетричните композитни делови (композитни цевки) со математичките модели се совпаѓа со резултатите од испитувањата на така произведените примероци.

Како втор дел од истражувањето во дисертацијата, развиени се нови методи за дизајнирање на математички модел за патеката на влакната за производство на посложени асиметрични композитни делови. Дополнително, извршени се графички симулации на дизајните. Предвидувањето на однесувањето на асиметричните композитни цевки е направено врз основа на заклучоците од експерименталните испитувања од првиот дел за симетрични композитни цевки и со логички пресликувања на тоа однесување врз посложените асиметрични модели.

Докторската дисертација придонесува со значајни сознанија за прецизно намотување на влакната преку развиените и подобрените математички модели за производство на квалитетни композитни делови за употреба во различни индустрии.

Конечна оценка на докторската дисертација

Врз основа на анализата и проверката на докторската дисертација, може да се заклучи дека трудот е успешно завршен, а проблематиката од теориски аспект систематично е разработена. Добиените резултати од направените истражувања во докторската дисертација се јасно презентирани, систематизирани и анализирани, а целта на истражувањето е успешно реализирана.

Преку теоретски, истражувачки и научен пристап, направено е поврзување на истражувањето во еден целосен труд. Трудот е јасно напишан на научно ниво, со јасни анализи и дискусии на резултатите, како и нивно јасно презентирање во форма на табеларни податоци, графички прикази и слики.

Исполнетост на законските услови за одбрана на трудот

Кандидатот пред одбраната на докторската дисертација ги објавил следниве рецензирани истражувачки трудови.

Трудови објавени во зборници на меѓународни научни конференции и во индексирани меѓународни научни списанија:

1. Srebrenkoska, S.; **Kochoski, F.**; Srebrenkoska, V.; Risteska, S.; Kotynia, R. (2023) “Effect of Process Parameters on Thermal and Mechanical Properties of Filament Wound Polymer-Based Composite Pipes.” *Polymers*, 15, 2829.
2. **Kochoski F.**, Dukovski V., Samak S., (2022) “Mathematical Model of Parametric Domain Design Approach for Filament Winding Path on Complex Composite Parts”, Vol. 11, iss. 04, *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 231-237
3. **Kochoski F.**, Dukovski V., Samak S., Cvetkoska D., Petkoska B., (2022), “Manufacturing Thermoplastic Composites by Laser Automatic Tape Placement Toolless Technology with Dual robot system”, Vol. 11, iss. 04, *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, p238-244
4. Dimovski I., Gjumandeloski I., **Kochoski F.**, Paipuri M., Veneva M., Risteska A., (2022), “Computer Aided (Filament Winding) Tape Placement for Elbows, Practically Oriented algorithm”, *Balkan Journal of Applied Mathematics and Informatics (BJAMI)* 2018, Vol1, No 1, p89-104
5. Samak, S., Dimovski, I., Trompeska, M., Hristoski, M., **Kochoski, F.**, Dukovski, V., (2018), “Computer-based simulation and validation of robot accuracy improvement method and its verification in robot calibration procedure”, *ETAI 2018 International Conference, ETAI Society of Macedonia*, p44
6. Cvetkoska D., **Kochoski F.**, (2019), “Functional Dependence of Laser power and Layup Speed for Automatic Fibre Placement Temperature Control”, *KNOWLEDGE - International Journal*, 34(3), p613-619
7. Dimovski I., Trompeska M., Cvetkoska D., **Kochoski F.**, (2016) “Visualization tools integrated in multivariate calculus instruction and their impact on the quality of students’ knowledge”, *International Journal of Mathematics Trends and Technology (IJMTT)* – Volume 39 Number 1, p22-30

8. Dimovski, I., Samak, S., Cvetkoska, D., Trompeska, M., **Kochoski, F.** ,(2015) „Speed control in numeric controlled systems”, Математички билтен Vol.39(LXV) No.1

ЗАКЛУЧОК И ПРЕДЛОГ

Комисијата за оценка и одбрана на докторската дисертација „Развој на математички модели за дизајн на симетрични и асиметрични композитни делови“ пријавена и изработена од кандидатот м-р Филип Кочоски донесе заклучок дека истата претставува **самостојна научна работа со оригинални научни истражувања и значајни резултати.**

Врз основа на анализата и проверката на докторската дисертација, може да се заклучи дека проблематиката систематично е разработена и пристапено е кон реализација на сите поставени цели и истите се реализирани. Експерименталните истражувања во голем дел ги потврдуваат теориските сознанија, а преку направените експерименти и анализа на добиените резултати кандидатот се здобил со сознанија и познавање за одредени теоретски и експериментални методи за истражување на композитни делови произведени со технологијата на намотување. Направено е математичко моделирање на дизајнот на патеката на влакна во технологијата на намотување за добивање на симетрични и асиметрични форми и направен е развој на нов метод заснован на параметарски домен за дизајн на патека на произволни површини. Дополнително, направена е механичката карактеризација на композитните примероци кои даваат заклучоци за однесувањето на примероците во зависност од дизајнот.

Докторската дисертација е научен труд со оригинални сознанија, а врз основа на содржината, обемот и постигнатото ниво на квалитет ги задоволува и исполнува условите потребни за изработка на докторската дисертација .

Врз основа на тоа, Комисијата има чест да **му предложи на Наставно-научниот совет на докторски студии на Кампус 2 да ја прифати позитивната рецензија на докторската дисертација** со наслов „Развој на математички модели за дизајн на симетрични и асиметрични композитни делови“, изработена од м-р Филип Кочоски и да одобри јавна одбрана на истата.

РЕЦЕНЗЕНТСКА КОМИСИЈА

Проф. д-р Светлана Ристеска – претседател, с.р.

Проф. д-р Винета Сребренкоска, член, интерен ментор, с.р.

Проф. д-р Емилија Фиданчевски, член, екстерен ментор, с.р.

Проф. д-р Благој Голомеов, член, с.р.

Проф. д-р Владо Гичев, член, с.р.