

Факултет техничких наука – Нови Сад

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

-обавезна садржина- свака рубрика мора бити попуњена

(сви подаци уписују се у одговарајућу рубрику, а назив и место рубрике не могу се мењати или изоставити)

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовao комисију Декан Факултета техничких наука у Новом Саду на основу предлога матичне катедре и одлуке Наставно-научног већа Факултета техничких наука; Решење број: 012-199/14-2020; Датум: 10.09.2020.</p> <p>2. Састав комисије са знаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. др Драгољуб Новаковић, редовни професор - председник, уно: Графичко инжењерство, 10.02.2011., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад 2. др Гојко Владић, ванредни професор - члан, уно: Графичко инжењерство, 13.02.2019., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад 3. др Живко Павловић, ванредни професор - члан, уно: Графичко инжењерство, 25.09.2017., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад 4. др Игор Мајнарић, ванредни професор - члан, уно: Графичке технологије, 05.02.2018., Универзитет у Загребу, Графички факултет, Загреб 5. др Немања Кашиковић, ванредни професор - ментор, уно: Графичко инжењерство, 25.09.2017., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<ol style="list-style-type: none"> 1. Име, име једног родитеља, презиме: Саша, Драган, Петровић 2. Датум рођења, општина, држава: 03.11.1993., Горњи Милановац, Република Србија 3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Факултет техничких наука, Графичко инжењерство и дизајн, Мастер инжењер графичког инжењерства и дизајна 4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија 2017.; Графичко инжењерство и дизајн 5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: Докторске студије по новом програму 6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: -
III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:
Карактеризација композитних носиоца флексо штампарских форми и њихов утицај на квалитет штампе картонске амбалаже

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са знаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикона и сл.

Дисертација садржи 201 нумерисану страну, написана је на српском језику, латиничним писмом. У оквиру дисертације је 11 поглавља, 432 референце, 34 табеле, 47 слика и 99 графика.

Докторска дисертација обухвата следећа поглавља која су структурирана у складу са правилником докторских студија факултета.

Увод – садржи концизан преглед тематске области докторске дисертације са нагласком на значај и актуелност истраживања тематике композитних носиоца флексо штампарских форми и њиховог утицаја на квалитет штампе картонске амбалаже.

Актуелно стање у области истраживања – даје концизан и систематичан преглед актуелних истраживања везано за тему истраживања, доступних из литературних извора од значаја за дефинисање циља истраживања и поставку хипотеза и методологије истраживања.

Предмет, проблем и циљ истраживања - садржи јасан опис тематике истраживања, концизно дефинише проблем и циљ истраживања и јасно представља решење проблема истраживања који ће се реализовати уз осврт на очекиване резултате истраживања.

Хипотезе истраживања – постављене су четири хипотезе, које су произашле из анализе владајућих ставова у области истраживања и дугогодишњег бављења аутора истраживањем и проблематиком сродном истраживаној проблематици. Хипотезе су јасно постављене и дефинисане.

Материјали и методологија истраживања – произилазе из прегледа владајућих ставова и претходних објективних и субјективних метода истраживања којима се дужи низ година бавио аутор, што потврђују радови наведени у библиографији. Методологија истраживања је конципирана тако да садржи план, фазе и методолошки оквир истраживања и даје потребне елементе за реализацију експеримената, метода истраживања, мерења и обраде резултата.

Резултати истраживања – садрже систематичан преглед релевантних резултата истраживања од интереса за карактеризацију композитних носиоца флексо штампарских форми и њиховог утицаја на квалитет штампе картонске амбалаже. Обухваћен је приказ резултата истраживања спроведених на најзначајнијим и у тренутку истраживања најсавременијим доступним композитним носиоцима флексо штампарских форми.

Дискусија резултата – садржи критички осврт на добијене резултате у реализованим експериментима карактеризације композитних носиоца флексо штампарских форми и њиховог утицаја на квалитет штампе картонске амбалаже, као и предлоге праваца будућих истраживања.

Закључци истраживања – садрже кључне закључке истраживања произашле из добијених резултата истраживања и анализе са фокусом на применљивост и значај резултата. Истакнути су закључци резултата истраживања утицаја различитих типова композитних носиоца флексо штампарских форми на квалитет штампе картонске амбалаже, са посебним акцентом на карактеризацију и утицај експлоатације на промену својстава Twinlock® композитних носиоца флексо штампарских форми и квалитет штампе картонске амбалаже.

Научни допринос истраживања и могућност примене у пракси – садржи представљене сумиране постигнуте научне доприносе истраживања у предметној области. На основу добијених резултата истраживања пронађене се мањкавости тренутно најмодернијих технологија композитних носиоца флексо штампарских форми (сливова). Предложен метод омогућава свеобухватну карактеризацију сливова кроз параметре са кључним утицајем на квалитет штампе картонске амбалаже, као и благовремено карактерисање стања сливова недеструктивним методама током процесне контроле штампе. Примена резултата у пракси се огледа кроз допринос предузећима која се баве флексографском штампом и употребљавају сливова са компресибилним слојем, као и предузећима која се баве развојем нових технологија у области монтажних материјала за флексо штампу или њиховом производњом.

Литература – Попис коришћене литературе садржи велики број одговарајућих литературних извора који су анализирани и били од значаја у изради дисертације.

Биографија са библиографијом - је дата по уобичајеној форми којом се представљају биографски и библиографски подаци о кандидату.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Дисертација даје преглед нових и релевантних истраживања и ставова у научној заједници у областима композитних носиоца флексо штампарских форми и квалитета штампе картонске амбалаже, са фокусом на Twinlock® композитне носиоце флексо штампарских форми.

Дисертација садржи све потребне целине прописане за израду докторске дисертације на факултету техничких наука.

Наслов дисертације је јасно формулисан и у потпуности указује на садржај истраживања композитних носиоца флексо штампарских форми и параметара квалитета штампе картонске амбалаже који су истраживани са циљем карактеризације композитних носиоца флексо штампарских форми и њиховог утицаја на квалитет штампе картонске амбалаже.

У првом поглављу **Увод** дато је образложење теме и оквира истраживања, као и очекивани научни доприноси истраживања и могућности примене резултата и методологије у пракси.

У другом поглављу **Актуелно стање у области истраживања** извршена је подела на две целине, према претходно дефинисаном предмету и оквирима истраживања. У оквиру прве целине дат је преглед актуелних истраживања у областима монтаже флексо штампарских форми са акцентом на сливовима, полиуретана као једног од основних градивних елемената сливова, механичких својстава полиуретана, адхезива, механизма адхезије и утицајних параметара на адхезивна својства материјала на основу чега се добија основ за дефинисање садржаја и циљева једне од фаза експерименталног дела дисертације. Друга целина подразумева преглед актуелних истраживања у областима параметара квалитета штампе, као и процесних параметара и њиховог утицаја на параметре квалитета штампе. На тај начин су добијене основе за дефинисање главног циља дисертације, као и садржаја и циљева друге две фазе експерименталног дела дисертације.

У трећем поглављу **Предмет, проблем и циљ истраживања** дефинисани су и образложени предмет, проблем и циљ истраживања. Основни циљ истраживања је карактеризација флексо штампарских сливова и њиховог утицаја на параметре квалитета штампе картонске амбалаже са сврхом повећања предвидивости и константности квалитета штампаног производа, као и стабилности процеса производње картонске амбалаже. Карактеризацијом сливова се поред тога стиче увид у међузависност механизма промене процесних параметра и њиховог утицаја на промену параметара квалитета отиска и стабилности процеса производње. Додатни циљ је формирање препорука за употребу сливова различитих својстава и нивоа експлоатисаности у зависности од захтева штампе (типа доминантног мотива). Поред тих препорука, циљ је установити у којим фазама и којим процесима долази до промена својстава сливова да би се на њих обратила посебна пажња током производње у циљу продужавања века трајања ових материјала кроз правилно руковање. Карактеризација сливова (пре свега Twinlock® сливова) за флексо штампу се тиче дефинисања механичких промена полиуретанског компресибилног слоја нових и интензивно коришћених сливова током лабораторијских испитивања, као и промена у адхезији и уделу компонената самолепљивог слоја Twinlock® сливова. Поред тога, истраживање подразумева и праћење параметара квалитета крајњег производа током процеса штампе за обе врсте сливова, у више контролних тачака. Анализа микроскопских снимака узорака сливова и штампаних узорака такође представља предмет истраживања. Постављен је циљ истраживања да се окарактеришу и промене параметара сливова кроз експлоатацију и предложи неструктиван метод испитивања њиховог стања током процесне контроле штампе, употребом стандарних уређаја за контролу дензитометријских и колориметријских параметара или путем софтверске анализе слике штампаног отиска.

У четвртном поглављу **Хипотезе истраживања**, постављене су 4 хипотезе.

Хипотеза 1 - Twinlock® сливови представљају валидну замену за постојећу технологију тврдих сливова са компресибилним обострано лепљивим тракама, посматрано кроз аспекте једноставности процеса и квалитета производа, са предусловом да је њихов тип одабран сходно захтевима процеса штампе које диктира врста преовлађујућег штампаног мотива.

Хипотеза 2 - Својства сливова се мењају током експлоатације у процесима монтаже и демонтаже флексо штампарских форми и флексографске штампе тако што са порастом броја монтажа и

демонтажа флексо штампарских форми долази до деградације адхезије самолепљивог слоја, а са порастом тиража одштампаног помоћу сливова долази до деградације механичких својстава компресибилног слоја сливова.

Хипотеза 3 - Деградација адхезије самолепљивог слоја неповољно утиче на стабилност процеса флексографске штампе, а деградација механичких својстава компресибилног слоја сливова утиче на параметре квалитета штампаног отиска тако што неке од њих побољшава, неке погоршава, а неке оставља непромењеним.

Хипотеза 4 - Могуће је дефинисати параметре квалитета штампаног отиска и тренд њихове промене који у контролисаном процесу штампе директно указују на промену механичких својстава компресибилног слоја сливова.

У петом поглављу **Материјали и методологија истраживања** је дат план истраживања са поделом у три главне фазе: испитивање утицаја типа сливова на квалитет штампе картонске амбалаже, карактеризација и утицај нивоа експлоатисаности на својства сливова, испитивање утицаја нивоа експлоатисаности сливова на стабилност процеса флексографске штампе и квалитет штампе картонске амбалаже. Након дефинисања фаза истраживања извршен је детаљан опис материјала и методологије истраживања за целокупан експеримент. Након описа материјала, машина и уређаја и софтвера коришћених током истраживања, приступљено је детаљном опису припреме узорак. Припрема узорак подразумева дигиталну припрему за штампу, израду штампарских форми и штампу, план узорковања штампаних узорак за дензитометријска и колориметријска мерења, мерења униформности штампане површине и анализу параметара квалитета облика растерских тачака, припрему узорак за испитивање и анализу: механичких својстава сливова при компресији, механичких својстава сливова при тесту пробијања иглом, адхезивних својстава сливова, састава самолепљивог слоја сливова, микроскопских снимака попречног пресека Twinlock® слоја сливова, као и њихове тврдоће. У оквиру поглавља је дат и детаљан опис метода мерења низа параметара на различитим материјалима сходно подели извршеној при опису припреме узорак.

У шестом поглављу **Резултати истраживања** представљен је алгоритам извођења експеримента са појединачним фазама и током истраживања у зависности од добијених резултата за сваку фазу, као и резултати истраживања раздвојени по фазама. У првој фази извршено је испитивање утицаја типа сливова на квалитет штампе картонске амбалаже кроз мерење пораста тонских вредности на пољима од 4.3 % и 1.6 % тонских вредност узорак штампаних помоћу Twinlock® Soft и Medium и конвенционалних тврдих сливова са обострано лепљивом траком. Друга фаза обухвата карактеризацију и утицај нивоа експлоатисаности на својства сливова кроз мерење или анализу механичких својстава сливова при компресији (заостатак деформације, максималан напон, Јунгов модул еластичности, хистерезис губитак, релаксација напона и хистерезис губитак при компресији са задржавањем деформације), механичких својстава сливова при тесту пробијања иглом, адхезивних својстава сливова тестом одлепљивања љуштењем, састава самолепљивог слоја сливова GCMS анализом, микроскопских снимака попречног пресека Twinlock® слоја сливова и мерење тврдоће Twinlock® слоја нових и сливова коришћених 320 пута за штампу од укупно 5.000.000 метара материјала. У оквиру треће фазе извршено је испитивање утицаја нивоа експлоатисаности сливова на стабилност процеса флексографске штампе и квалитет штампе картонске амбалаже кроз дензитометријска мерења и мерења механичког пораста тонских вредности (укупан пораст тонских вредности, механички пораст тонских вредности, оптичка густина, преклапање), колориметријска мерења (разлика у боји), анализа униформности штампане површине и анализа параметара квалитета облика растерских тачака (ефекат прстенасте растерске тачке, истезање растерских тачака, пречник растерских тачака, крзавост ивица растерских тачака).

У седмом поглављу **Дискусија резултата** дата је дискусија и довођење у корелацију резултата приказаних у оквиру шестог поглавља. Дискутовани су резултати утицаја типа сливова на пораст тонских вредности, промене механичких и адхезивних својстава сливова током експлоатације, механизми којима је дошло до промена, утицај промена параметара сливова на својства штампарских форми и боја, као и утицај свих претходно окарактерисаних промена на дензитометријске, колориметријске и параметре униформности штампане површине картонске амбалаже.

У осмом поглављу **Закључци истраживања** су изведени према постављеним хипотезама и циљевима дефинисаним за сваку од три фазе истраживања чиме је описана могућност замене конвенционалних слив технологија модерним Twinlock® сливовима, промене механичких својстава Twinlock® сливова до којих долази након експлоатације и њихово манифестовање на параметре мерене при карактеризацији, промене вредности адхезије и начини на који се промена адхезије може препознати, као и дефинисање параметара квалитета отиска и стабилности процеса који су претрпели побољшање или погоршање кроз експлоатацију сливова. Дат је критички осврт на резултате евалуације примењених метода за карактеризацију композитних носиоца флексо штампарских форми и њихов утицај на квалитет штампе картонске амбалаже, наглашена су ограничења коришћеног методолошког оквира и предложене могућности будућих истраживања.

У деветом поглављу **Научни допринос истраживања и могућност примене у пракси** дат је преглед могућих научних доприноса истраживања у домену графичког инжењерства са могућностима примене резултата истраживања у пракси у различитим секторима. Научни допринос истраживања се огледа у дефинисању методе за карактеризацију полиуретанских компресибилних пена и адхезивних полимерних материјала у домену графичког инжењерства, као и дефинисању механизма промена изазваних експлоатацијом и међусобног утицаја различитих параметара присутних у процесу флексографске штампе. Поред тога, дефинисан је и утицај сливова и нивоа њихове експлоатисаности на квалитет штампе путем мерења великог броја параметара квалитета отиска који припадају различитим групама. На тај начин је поуздано окарактерисан утицај сливова као једног од саставних елемената штампе који је у литератури препознат, али је до сада био готово у потпуности неистражен. Примена резултата у пракси се огледа кроз допринос предузећима која се баве флексографском штампом и употребљавају сливова са компресибилним слојем, као и предузећима која се баве развојем нових технологија у области монтажних материјала за флексо штампу или њиховом производњом. Предузећа за штампу могу да током процесне контроле штампе користе недеструктиван метод предложен и примењен у оквиру дисертације, чиме би повећали стабилност процеса штампе и предвидивост квалитета производа или са лакоћом утврдили у ком се стању налазе сливови и за какву употребу су најпогоднији. Предузећа у којима се ради на развоју нових технологија или производњи сливова би метод карактеризације и закључке о томе која су својства пожељна, а тренутно недовољно добра, могла да искористе за развој симулација утицаја експлоатације на кључна својства сливова, а затим и на кључне параметре квалитета штампе. На тај начин би се развој нових технологија сливова поједноставио, убрзао и појефтинио. У области производње сливова, предложен метод и закључци би могли да се користе током завршне контроле производа.

У десетом поглављу **Литература** дат је значајан број најновијих литературних навода што додатно потврђује да је приступ литературним подацима критички адекватан, а тема дисертације актуелна и истраживачки атрактивна.

На основу увида у досадашња истраживања у области истраживане тематике Комисија сматра да су обухваћени и реализовани сви дефинисани аспекти за истраживања изведена у овој дисертацији.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у часопису са ISI листе односно са листе министарства надлежног за науку када су у питању друштвено-хуманистичке науке или радове који могу заменити овај услов до 01. јануара 2012. године. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду о томе.

Рад у истакнутом међународном часопису (M22)

1. **Petrović S.**, Kašiković N., Novaković D., Pavlović Ž., Bošnjaković G., Spiridonov I.: Exploitation influence on compressible polyurethane flexographic sleeve properties, Nordic Pulp and Paper Research Journal, 2020, Vol. 35, No 3, ISSN 0283-2631. doi: 10.1515/npprj-2020-0026
2. Ozcan A., Kašiković N., Arman Kandirmaz E., Đurđević S., **Petrović S.**: Highly flame retardant photocured paper coatings and printability behavior, Polymers for Advanced Technologies, 2020, ISSN 1042-7147. doi: 10.1002/pat.4991

Рад у међународном часопису (M23)

1. **Petrović S.**, Kašiković N., Novaković D., Bošnjaković G., Arman Kandirmaz E., Ozcan A.: Influence of the Compressible Flexographic Sleeve Exploitation on Print Quality – Prihvaćeno za objavu u časopisu Technical Gazette, Vol. 28, No 2, ISSN 1848-6339. doi: 10.17559/TV-20191114164921

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

1. Kašiković N., Vladić G., Pál (Apro) M., Jurič (Rilovski) I., Milić N., Milošević R., **Petrović S.**: Rubbing fastness of textile printed with screen printing transfer technique, 11. Innovations in Publishing, Printing and Multimedia Technologies, Kaunas: Kaunas university of applied sciences, 19-20 April, 2018, pp. 67-73
2. **Petrović S.**, Dedijer S., Kašiković N., Delić G., Milošević R.: ANALYSIS OF TOPOGRAPHIC AND OPTICAL CHARACTERISTICS OF TEXTILE PRINTS OVERPRINTED WITH PEDOT:PSS INK, 7. IJCELIT 2019 - International Joint Conference on Environmental and Light Industry Technologies, Budimpešta: Óbuda University - Sándor Rejtő Faculty of Light Industry and Environmental Engineering, 21-22 Novembar, 2019, pp. 336-347, ISBN 978-963-449-64-4
3. Bošnjaković G., Vladić G., Dedijer S., **Petrović S.**, Milošević R.: The influence of colour on shape recognition, 7. IJCELIT 2019 - International Joint Conference on Environmental and Light Industry Technologies, Budimpešta: Óbuda University - Sándor Rejtő Faculty of Light Industry and Environmental Engineering, 21-22 Novembar, 2019, pp. 192-201, ISBN 978-963-449-64-4
4. **Petrović S.**, Kašiković N., Pavlović Ž., Dedijer S., Bošnjaković G., Lilić A.: Compressible flexographic sleeve exploitation influence on print uniformity and colour difference, WPP PA - Wood, Pulp & Paper Polygrafia Academica 2020, Bratislava: Slovenská chemická knižnica FCHPT STU v Bratislave, 11-12 Mart, 2020, pp. 42-47, ISBN 978-80-8208-036-3

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу (M34)

1. Bošnjaković G., Vladić G., Pál (Apro) M., Banjanin B., **Petrović S.**: Ergonomics of handles for packaging products , 1. IJCELIT 2017 - International Joint Conference on Environmental and Light Industry Technologies, Budimpešta: Óbuda University - Sándor Rejtő Faculty of Light Industry and Environmental Engineering, 23-24 Novembar, 2017, pp. 22-22, ISBN 978-963-449-061-6

Рад у часопису националног значаја (M52)

1. Bošnjaković G., Tatović I., **Petrović S.**, Banjanin B., Vasić J.: Resistance of screen printed PVC foils to external influence, Machine Design, 2018, Vol. 10, No 3, pp. 129-134, ISSN 1821-1259

Рад у научном часопису (M53)

1. **Petrović S.**, Novaković D., Đurđević S.: Unapređenje kvaliteta procesa izrade kartonske ambalaže za tečnu hranu, Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, 2018, Vol. 33, No 3, pp. 339-342, ISSN 0350-428X, UDK: 655.3.066.25
2. **Petrović S.**, Kašiković N.: Sleeve type influence on flexographic print quality, International Circular of Graphic Education and Research, 2018, No 11, pp. 35-51, ISSN 2166-465X

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63)

1. Adamović (Majkić) S., Prica M., Gvoić (Kecić) V., Novaković D., **Petrović S.**, Bošnjaković G., Đurđević S.: Uklanjanje hroma iz otpadnog ofset razvijача primenom zeolita, 14. Zaštita na radu – Put uspešnog poslovanja, Divčibare: Savez zaštite na radu Srbije, 4-7 Oktobar, 2017, pp. 157-166, ISBN 978-86-919221-2-2
2. Vasić J., **Petrović S.**, Kašiković N., Milošević R., Szilágyi A.: Uticaj gramature papira na kvalitet digitalne štampe, 11. etikum, Novi Sad, 6-8 Decembar, 2017, pp. 65-68, ISBN 978-86-6022-00-68
3. Gvoić (Kecić) V., Kerkez Đ., Prica M., Rapajić S., Bečelić-Tomin M., Leovac Maćerak A., **Petrović S.**: Purification of Magenta dye aqueous solution with Fenton-like oxidation process, 23. International Symposium on Analytical and Environmental Problems, Szeged: University of Szeged, Department of Inorganic and Analytical Chemistry, 9-10 Oktobar, 2017, pp. 356-360, ISBN 978-963-306-563-1
4. Kašiković N., Vladić G., Stančić M., Milošević R., Jurić (Rilovski) I., **Petrović S.**, Novaković D.: Digitalna štampa na tekstilu - prošlost, sadašnjost, budućnost, 1. Naučna konferencija sa međunarodnim učešćem: Savremeni trendovi i inovacije u tekstilnoj industriji, Beograd: Union of engineers and technicians of Serbia, 18 Maj, 2018, pp. 154-160
5. Kašiković N., Lilić A., Vladić G., **Petrović S.**: Postojanost na trljanje otisaka dobijenih sito transfer štampom na tekstilne materijale, 6. Šesti naučno stručni skup sa međunarodnim učešćem – DTM 2018 -Tendencije razvoja u tekstilnoj industriji Dizajn, tehnologija i menadžment, Beograd: Union of engineers and technicians of Serbia, 27 Jun, 2016, pp. 60-64, ISBN 978-86-87017-42-9
6. Kašiković N., Stančić M., Novaković D., Vladić G., **Petrović S.**: Analiza digitalne štampe i trendovi u njenom razvoju, 12. Conference of Chemists, Technologists and Environmentalists of Republic of Srpska, Banja Vrućica: University in Banjaluka, Faculty of Technology, 2-3 Novembar, 2018, pp. 594-601
7. Kašiković N., Vladić G., Novaković D., **Petrović S.**, Lilić A.: Ispitivanje postojanosti na trljanje tekstilnih otisaka dobijenih sublimacionom štampom, 2. Naučna konferencija sa međunarodnim učešćem: Savremeni trendovi I inovacije u tekstilnoj industriji, Beograd: Union of Engineers and Textile Technicians of Serbia, 16-17 Maj, 2019, pp. 397-400

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Развојем нових слив технологија се олакшавају поједине фазе флексо штампарског процеса производње, али се исто тако у процес уводе и нове непознате чији је утицај, као и утицај већ постојећих технологија на процесне параметре и параметре квалитета штампаног производа у стручној литератури и даље веома оскудно истражен. Управо то су разлози што је у оквиру ове докторске дисертације извршена провера могућности замене постојећих слив технологија новим технологијама, као и карактеризација сливова и њиховог утицаја на процесне параметре и параметре квалитета штампаног производа, чиме се елиминише један од малобројних преосталих неистражених фактора у процесу флексографске штампе.

На основу резултата прве фазе експеримента, добијених применом предложене методе, изводи се закључак да је Хипотеза 1 потврђена, односно да Twinlock® сливови заиста представљају валидну замену за постојећу технологију тврдих сливова са компресибилним обострано лепљивим тракама, посматрано кроз аспекте једноставности процеса и квалитета производа, са предусловом да је њихов тип одабран сходно захтевима процеса штампе које диктира врста преовлађујућег штампаног мотива.

Карактеризацијом сливова током друге фазе експеримента установљено је да оптерећења којима су сливови изложени током процеса флексографске штампе највише утичу на механичка својства компресибилног слоја сливова, док процеси монтаже и демонтаже штампарских форми највише

утичу на адхезивна својства самолепљивог слоја сливова. Утицај експлоатације је такав да са порастом тиража одштампаног помоћу сливова долази до деградације механичких својстава компресибилног слоја сливова, а са порастом броја монтажа и демонтажа флексо штампарских форми долази до деградације адхезије самолепљивог слоја сливова, чиме је потврђена Хипотеза 2.

Након успешно извршене карактеризације сливова, у трећој фази експеримента извршено је испитивање утицаја нивоа експлоатисаности сливова и деградације њихових својстава на параметре квалитета отиска и стабилност процесних параметара. Иако су хомогеност самолепљивог слоја и његова својства адхезије видно погођени експлоатацијом, њен ниво у оквиру експеримента није био довољан да доведе до спонтаног одвајања ивица штампарских форми од сливова, нарушавајући тако стабилност самог процеса флексографске штампе. Међутим, са сигурношћу се може рећи да би до појаве спонтаног одвајања ивица штампарских форми од слива дошло кроз промене изазване доказаним механизмима током даље експлоатације. Утицај деградације механичких својстава компресибилног слоја сливова на стабилност процеса штампе и параметре квалитета отиска је доказан кроз мерења дензитометријских и колориметријских параметара, као и кроз софтверску анализу слике штампаних отисака. Мерењима је установљено да ниво експлоатисаности сливова на процесне и параметре квалитета отиска утиче тако што неке побољшава, неке погоршава, а неке пак оставља непромењеним чиме је Хипотеза 3 потврђена.

Довођењем у корелацију трендова и механизма промена параметара квалитета штампаног отиска и трендова и механизма промена својстава сливова потврђена је Хипотеза 4, односно доказано је да је могуће дефинисати параметре квалитета штампаног отиска и тренд њихове промене који у контролисаном процесу штампе директно указују на промену механичких својстава компресибилног слоја сливова. Параметри квалитета отиска који у контролисаним условима штампе (предвиђеним коришћеном методом) најједноставније и најпоузданије указују на промену механичких својстава компресибилног слоја сливова су преклапање, мотлинг и фактор истезања растерских тачака. На њих у датим условима практично не могу да утичу други извори осим сливова.

Анализом експерименталних резултата свих фаза експеримента могуће је извести закључке о могућности замене конвенционалних слив технологија најмодернијим технологијама доступним у тренутку истраживања, као и закључке о утицају експлоатације на механичка и адхезивна својства појединих слојева сливова, утицају нивоа експлоатисаности коришћених сливова на побољшање и погоршање параметара квалитета отиска, као и побољшање и погоршање стабилности процеса флексографске штампе.

Битно је напоменути да су резултати и закључци прве и треће фазе истраживања ограничени на штампу помоћу штампарских форми са штампајућим елементима равног врха, боје на бази водених растварача и упојне премазне подлоге прописане материјалима и методама извођења експеримента. Променом неког од ових параметара би, праћењем примењених метода и проучавањем релеванте литературе која се бави корелацијом утицаја промена процесних параметара на параметре квалитета отиска, било могуће окарактерисати утицај нивоа експлоатисаности сливова на стабилност процесних параметара и квалитет штампе било ког производа, што уједно представља и даље правце истраживања у оквиру области.

Конвенционалне сливове са компресибилном обострано лепљивом траком је могуће заменити модерним Twinlock® сливовима, при чему је потребно обратити посебну пажњу на одабир адекватног типа Twinlock® слива према доминантној врсти штампаног мотива.

Сливови су експлоатацијом изложени цикличним, високофреквентним динамичким оптерећењима. Таква оптерећења кроз довољно дугачак временски период доводе до замора материјала који испрва не мора да буде приметан. Међутим, чак и мале промене својстава материјала у условима флексо штампе, где је осетљивост на притиске веома изражена, могу да изазову нестабилност штампе, непредвидивост квалитета, па чак и недовољан квалитет штампаног производа.

Како сливови нису у директном контакту са бојом или подлогом, већ носе штампарску форму која има ту улогу, тако се и њихов утицај на квалитет највише осликава путем промена других параметара штампе и својстава других материјала у процесу. Дакле, посредност у њиховом утицају на стабилност процеса и квалитет производа изискују карактеризацију и опис механизма промена кроз које њихови поједини слојеви пролазе током редовне експлоатације.

Наиме, компресибилност, односно резилентност (враћање на првобитне димензије) уколико се деси довољно брзо даје штампарској форми простора да део енергије испоручене на њу кроз

притисак сабијањем пренесе на родитељски полимерни материјал структурних лигамената и зидове ћелија компресибилног слоја слива који се извијају. При мањем и споријем враћању, пренос енергије није могућ, па се њено дејство испољава деформацијом елемената штампарске форме.

Промене механичких својстава Twinlock® Медиум сливова кроз експлоатацију је могуће окарактерисати на више начина:

- Значајно, чак и двоструко веће вредности заостатака деформације компресибилног слоја 320x сливова.
- Веће осцилације вредности заостатка деформације 320x сливова узроковане променом хомогености својстава полимерног материјала компресибилног слоја услед неравномерног омекшавања.
- Максималан напон при тестирању и Јунгов модул еластичности су нижи код сливова вишег нивоа експлоатисаности, што указује на мање опирање материјала деформацијама, односно мању резилијентност.
- Већи хистерезис губици код 320x сливова узроковани трајним деформацијама које мењају однос између количине апсорбоване и складиштене енергије.
- Генерисана топлота хистерезис губитака мења вискозитет танког филма боје на штампарској форми.
- Веће извијање структурних лигамената и зидова ћелија, односно већи заостатак деформације 320x сливова при цикличним тестовима компресије са задржавањем оптерећења.
- Већа релаксација напона 320x сливова при задржавању максималне деформације.
- Мањи раст напона 320x сливова при задржавању минималне деформације.
- Промене у механичким својствима су приметне само на компресибилном слоју сливова.
- Крива сила-пут игле при пробијању са стране компресибилног слоја 320x сливова има карактеристичан облик успон-пад-успон-пад.

Поред високофреквентних цикличних оптерећења током штампе, Twinlock® сливови, прецизније њихов самолепљиви слој трпи и затезне силе приликом демонтаже штампарских форми, а изложен је и дејству средстава за чишћење/активацију на бази 1-метокси-2-пропанола. Променом састава овог слоја мењају се и својства адхезије која ће падом вредности неминовно довести до момента спонтаног одлепљивања ивица штампарских форми, чиме се значајно нарушава стабилност процеса производње. До промена састава слоја највероватније долази тако што део материјала остаје залепљен на штампарским формама, а део бива однет приликом чишћења.

Пад вредности адхезије може да се препозна на неколико начина:

- Мања вредност силе при којој започиње раздвајање материјала.
- Мање униформна крива сила-померај током теста одлепљивања љуштењем, услед пораста неуниформности самолепљивог слоја поновљеним одлепљивањем штампарских форми и чишћењем.
- Пад удела акрилата у GCMS хроматограму 320x сливова.
- Пад удела фталата у GCMS хроматограму 320x сливова.

Силе које делују на материјал нису довољно велике да изазову трајну деформацију микроструктуре, тако да би главни узрок промене најпре могао да буде у молекуларној структури родитељског полимера структурних лигамената и зидова ћелија чија је резилијентност све мања. Поред тога, дебљина комбинације слојева сливова је такође променљива и у случају 320x сливова мања. Највећи ниво стабилности на промене дебљине показује компресибилни полиуретански слој (само 5.1 % промене), међутим то не значи да и његова механичка својства нису промењена.

Ниво експлоатисаности сливова утиче на параметре штампе тако што поједине побољшава, поједине погоршава, поједине не мења, а на поједине пак делује на инконклузивне начине. Утицај експлоатисаности на стабилност промена параметара квалитета отиска је такође изражен. До промена најчешће долази посредством утицаја на друге процесне параметре штампе или промену својстава материјала. Како су параметри квалитета отиска различити и квалитет сваког од њих се карактерише на различит начин, па је тако за добар квалитет једног од параметара пожељна

комбинација параметара штампе који не морају нужно да погодују и осталим параметрима.

Главни узрочник промена процесних параметара услед експлоатисаности сливова су измењена механичка својства њиховог компресибилног слоја, која путем различитих механизма доводе до промена процесних параметара штампе. Процесни параметри погођени променом својстава компресибилног слоја сливова су притисак и оптерећење које трпи штампарска форма и промене њених својстава које настају услед тога, температура танког филма боје на штампајућим елементима чиме се мења и вискозитет боје, њен пренос и сушење испред и у зони штампарског НИП-а, као и промена пречника комбинације слив-штампарска форма која доводи до промене брзине ротације на површини штампарске форме.

Интензивном експлоатацијом сливова долази до следећих побољшања и погоршања параметара квалитета отиска и стабилности процеса:

Погоршање параметара квалитета отиска:

- Пораст тонских вредности, поготову у светлим и светлијим средњим тоновима.
- Дублирање на пољу од 2 % ТВ штампаном цијан бојом.
- Мања могућност прекривања већих неуниформних површина услед промена вискозитета боје при штампи 7. ролне, односно раст вредности покривености као једног од начина изражавања неуниформности површине.
- Већа разлика у боји мерена на пољима пуног тона због већих промена механичких својстава компресибилног слоја сливова, које се испољавају кроз напоном изазвано очвршћавање полимера, промену тврдоће комбинације слив-штампарска форма, промену вискозитета и преноса боје.
- Израженији ефекат прстенасте растерске тачке при штампи 1. ролне, услед бржег напоном изазваног очвршћавања полимера штампајућих елемената који не стижу да се похабају. Брже очвршћавање настаје због бржих и већих промена резилјентности компресибилног слоја сливова.
- Израженије и брже промене механичких својстава и заостатак деформације у случају 320х сливова доводе до већих и уочљивијих вредности фактора истезања растерских тачака већ од 1. ролне, услед веће чврстоће штампајућих елемената и веће брзине на површини штампарске форме (узроковане већим смањењем пречника комбинације слив-штампарска форма).
- Изражен утицај промене механичких својстава на фактор издужења растерских тачака магента боје због смањеног хабања штампајућих елемената и мање промене вискозитета боје, узрокованих највероватније другачијим реолошким својствима магента боје.
- Већи пречници растерских тачака без обзира на боју и број штампаних ролни.
- Веће повећање пречника растерских тачака штампаних магента бојом због веће изражености механичких деформација (деформација бочних зидова) мање похабаних штампајућих елемената и већег истискивања боје стабилнијег вискозитета, која спорије пенетрира у подлогу.
- Значајније повећање крзавости ивица растерских тачака са повећањем броја штампаних ролни, изазвано већим деформацијама због промена резилјентности и промена вискозитета боје услед хистерезис губитака. Боја тако засушује на ивицама штампајућих елемената при њиховој површини утичући на правилност облика растерске тачке, а бржим сушењем у контакту са подлогом ове неправилности не успевају да се ублаже разливањем боје.

Побољшање параметара квалитета отиска:

- Бољи пренос боје, пенетрација, сушење и смањено разливање са променом вискозитета.
- Повећање оптичке густине до ког долази услед смањења резилјентности и повећања тврдоће комбинације слив-штампарска форма.
- Додатно повећање оптичке густине пуних тонова услед смањења вискозитета танког филма боје.
- Изразит раст вредности преклапања са повећањем броја штампаних ролни, услед промена вискозитета боје.
- Мање изражена Saffman-Taylor нестабилност услед смањења разлике вискозитета флуида (ваздух - боја).
- Смањење мотлинга ком доприноси јаче и брже напоном изазвано очвршћавање полимера

штампајућих елемената, већа количина пренете боје и оптичка густина, смањење вискозитета боје.

- Смањење ефекта прстенасте растерске тачке, које наступа раније услед бржег хабања штампарских форми због повећања оптерећења изазваног већим и бржим смањењем резилијентности. Хабањем се смањује конкавност при површини штампајућих елемената.
- Смањење ефекта прстенасте растерске тачке услед смањења вискозитета боје.
- Смањење фактора истезања код узорака цијан боје преузетих са 7. ролне, услед повећања пречника растерске тачке изазваног хабањем и смањења вискозитета боје која брже пенетрира и мање се размазује.

Погоршање стабилности процеса:

- Смањена могућност амортизовања вибрација и одскакања.
- Промена вискозитета танког филма боје услед топлоте ослобођене хистерезис губицима и последице ове промене.
- Израженије смањење мотлинга са повећањем броја штампаних ролни.
- Разлике у вредностима готово свих параметара приликом штампе различитим бојама упркос готово истим трендовима промена.
- Преклапање параметара са различитим утицајима на ефекат прстенасте растерске тачке у случају штампе поља од 50 % ТВ.
- Веће осцилације у фактору истезања растерских тачака, изазване пре свега смањењем фактора истезања код цијан боје на узорцима са 7. ролне, услед повећања пречника растерске тачке изазваног хабањем и смањења вискозитета боје која брже пенетрира и мање се размазује.

Побољшање стабилности процеса:

- Стабилнији пораст тонских вредности и мање разлике између узорака преузетих са различитих ролни, услед бржег достизања максималног заостатка деформације.
- Стабилан тренд смањења ефекта прстенасте растерске тачке са повећањем броја штампаних ролни.
- Мање изражен ефекат прстенасте растерске тачке код цијан боје, потпомогнут смањеним могућностима истискивања боје из зоне најјачег притиска због брже пенетрације и сушења изазваних смањењем вискозитета боје. Овим ефектом се делимично компензује повећање ефекта прстенасте растерске тачке при штампи 50 % ТВ који настаје због бржег напоном изазваног очвршћавања полимера штампајућих елемената од хабања.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

На основу прегледа и анализе докторске дисертације кандидата, Комисија сматра да је дисертација адекватно структурирана и у складу с пријављеном темом дисертације и правилником докторских студија факултета.

Приказани резултати реализованих истраживања су прегледни, систематски изложени и јасно потврђују постављене хипотезе дисертације. Дискусија резултата је аргументована и свеобухватна, а изведени закључци произилазе из добијених резултата. Коришћена литература указује да су размотрени актуелни ставови везани за проблематику карактеризације композитних носиоца флексо штампарских форми и њиховог утицаја на квалитет штампе картонске амбалаже. На основу напред изложеног, Комисија позитивно оцењује поднету дисертацију.

Рад је проверен у софтверу за детекцију плагијаризма iThenticate <http://www.ithenticate.com/>.

Подаци из Report-a: Similarity Index 1%; Primary sources у свим претрагама мањи од 1%.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме

Дисертација је написана у складу са образложењем и циљевима истраживања наведеним у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Дисертација садржи све битне елементе: опис тематике и проблема, преглед досадашњих истраживања и актуелно стање у области, јасно постављене циљеве и полазну хипотезу истраживања, адекватно коришћене научне методе истраживања, објективне и субјективне, прегледан приказ и анализу резултата, адекватну дискусију и јасно презентоване закључке, као и предлог примене добијених резултата у пракси, као и предлог будућих истраживања. Полазне хипотезе и циљеви истраживања су аргументовано доказани и квалитетно образложени.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Дисертација даје јасан и недвосмислен допринос науци, што је и верификовано одговарајућим публикацијама. Кључан допринос дисертације је у дефинисању методе за карактеризацију полиуретанских компресибилних пена и адхезивних полимерних материјала у домену графичког инжењерства, као и дефинисању механизма промена изазваних експлоатацијом и међусобног утицаја различитих параметара присутних у процесу флексографске штампе. Поред тога, дефинисан је и утицај сливова и нивоа њихове експлоатисаности на квалитет штампе путем мерења великог броја параметара квалитета отиска који припадају различитим групама. На тај начин је поуздано окарактерисан утицај сливова као једног од саставних елемената штампе који је у литератури препознат, али је до сада био готово у потпуности неистражен. Оригиналан допринос је садржан и кроз велики број објављених и саопштених радова научној јавности и са три рада у часописима са СЦИ листе.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

Докторска дисертација не садржи недостатке који би утицали на добијене резултате истраживања.

X ПРЕДЛОГ:
На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:
Да се докторска дисертација кандидата:
САША ПЕТРОВИЋ
под насловом:
„КАРАКТЕРИЗАЦИЈА КОМПОЗИТНИХ НОСИОЦА ФЛЕКСО ШТАМПАРСКИХ ФОРМИ И ЊИХОВ УТИЦАЈ НА КВАЛИТЕТ ШТАМПЕ КАРТОНСКЕ АМБАЛАЖЕ“
прихвати, а кандидату одобри јавна одбрана.

Нови Сад, _____

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

Председник комисије:
др Драгољуб Новаковић, редовни професор,
ФТН, Универзитет у Новом Саду

Члан 1:
др Гојко Владић, ванредни професор,
ФТН, Универзитет у Новом Саду

Члан 2:
др Живко Павловић, ванредни професор,
ФТН, Универзитет у Новом Саду

Члан 3:
др Игор Мајнарић, ванредни професор,
Графички факултет, Загреб

Члан 4, Ментор:
др Немања Кашиковић, ванредни професор,
ФТН, Универзитет у Новом Саду

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.