

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Ненада Јевремовића, дипл. инж. технологије, за израду докторске дисертације

На седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, одржаној 07.07.2015. године, именоване смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Ненада Јевремовића, дипл. инж. технологије, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме, под насловом: УТИЦАЈ ПЕСТИЦИДА НА СТРУКТУРУ ПОЛИМЕРА ПРИ УБРЗАНОМ СТАРЕЊУ ПОЛИ(ЕТИЛЕН ТЕРЕФТАЛАТА).

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1.1. Биографски подаци

Ненад Јевремовић рођен је 29.04.1970. године у Врању. Основну и средњу школу завршио је у Крушевцу. Дипломирао је на Технолошко-металуршком факултету, смер Органска хемијска технологија и полимерно инжењерство, 2000. године са просечном оценом 8,08 и оценом 10,0 на дипломском раду “Сушење дитиокарбамата у флуидизованом слоју”. Уписао је докторске студије на Технолошко-металуршком факултету 2006/2007. школске године на студијском програму Хемијска технологија, профил Органска хемијска технологија и полимерно инжењерство. Положио је све програмом предвиђене испите, као и завршни рад, са оценом 10,0.

У периоду од 2001. до 2006. године био је запослен у Хемијској индустрији “Жупа” у Крушевцу као инжењер у производњи, а потом као директор Фабрике пестицида. Од 2006. године до данас ради као инжењер у Сектору развоја Фабрике за производњу алкохолних пића “Рубин” АД у Крушевцу. Од 2011. године хонорарно је ангажован као Директор производње у фирми “Biogenesis” д.о.о. из Бачке Тополе која се бави производњом микробиолошких ђубрива и средстава за заштиту биља.

1.2. Стечено научно-истраживачко искуство

Ненад Јевремовић је у оквиру докторских студија положио све испите предвиђене студијским програмом са просечном оценом 10,0. Завршни испит под називом “Утицај органских растварача на структуру и морфологију ПЕТ-а” одбранио је 03.07.2009. године са оценом 10,0, пред комисијом у саставу др Сава Величковић, доцент, др Радмила Јанчић, ван.проф. и др Иванка Поповић, редовни професор.

Положени испити и остварени бодови у оквиру докторских студија:

		Оцена	ЕСПБ
1	Хемијска кинетика	10 (десет)	5
2	Специјална поглавља преноса масе	10 (десет)	4
3	Физичка органска хемија	10 (десет)	4
4	Полимерни биоматеријали	10 (десет)	4
5	Принципи органске синтезе	10 (десет)	5
6	Виши курс карактерисања макромолекула	10 (десет)	5
7	Одабрана поглавља биохемије	10 (десет)	5
8	Одабрана поглавља математичке анализе	10 (десет)	5
9	Деградација и стабилизација полимера	10 (десет)	5
10	Завршни испит	10 (десет)	30
Средња оцена/Укупно бодова		10 (десет)	72

Објављени радови

Рад у националном часопису – М53

1. Ненад Јевремовић, Сава Величковић, Радмила Јанчић, “Праћење утицаја хлорбензена на убрзано старење поли(етилена терефталних) бочица методом анализе слике”, *ИМК – 14 Истраживање и развој*, XIV(28-29) (1-2/2008) 9-14 (ISSN 0354-6829)

Саопштења са скупа националног значаја штампана у целини – М63

1. УТИЦАЈ РАСТВОРАЧА НА ПРОМЕНУ ДИМЕНЗИЈА ПЕТ БОЧИЦА ТОКОМ УБРЗАНОГ СТАРЕЊА, С. Величковић, Н. Јевремовић, М. Димитријевић, Д. Голубовић, Р. М. Јанчић-Хајнеман, 5. Конгрес Инжењера пластичара и гумара. К-IPG 2008, Зрењанин 21.-24.октобар 2008.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Својим досадашњим активностима Ненад Јевремовић је испољио квалитет, заинтересованост, зрелост и стручност за научно-истраживачки рад, нарочито у области примењених истраживања. Из области истраживања којој припада предложена тема докторске дисертације, до сада је објавио један рад у националном часопису, док су два рада на рецензији у међународним часописима са SCI листе. На основу биографских података, његових научних и стручних активности, Комисија сматра да је кандидат подобан за ефикасан теоријски и експериментални рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљеви истраживања

2.1. Предмет истраживања

У протеклом периоду употреба полимерних материјала за паковање пестицида преовладала је у односу на стаклену и алуминијумску амбалажу, првенствено због ниже

цене материјала, услова складиштења, руковања, начина пуњења и могућности вишекратног коришћења производа. Полимерна амбалажа за пестициде се израђује у широком распону запремина од 5 ml до 1000 ml користећи једно- или вишеслојни материјал који је током предвиђеног рока трајања садржаја паковања отпоран на дејство агресивних растварача који улазе у састав формулације. Тренд појефтињења трошкова амбалаже фаворизовао је полимерне материјале, али је и довео до негативних последица због недовољног познавања компатибилности упакованих производа, односно пестицида, нарочито течних формулација, са полимерним материјалима који се користе за израду боца.

Једнослојна амбалажа од поли(етилен терефталата) (ПЕТ) представља добру алтернативу и адекватан компромис за амбалажу за течне формулације пестицида. Иако је ПЕТ у општем случају одговарајући материјал, на тржишту постоје разни типови ПЕТ чија својства могу да се разликују у зависности од средње моларне масе и степена кристаличности полимера. Услови прераде, односно обликовања полимера (температура растопа, притисак бризгања и време хлађења отпреска) такође могу да утичу на својства амбалаже. Сви ови фактори отежавају избор типа ПЕТ за паковање течних формулација пестицида. Предмет ове докторске дисертације је испитивање стабилности ПЕТ током контакта са пестицидом и његове примењивости за дугорочно складиштење течних формулација пестицида.

2.2. Циљеви истраживања

Једна од кључних метода за испитивање стабилности пестицида током рока трајања је тест старења. Тест старења (стабилност пестицида на 54°C током 14 дана, метода CIPAC 1.MT.46) симулира понашање производа током две године употребе. Након теста старења испитују се структурне и друге промене на амбалажи са циљем испитивања њене стабилности и компатибилности са упакованим производом.

У масовној производњи амбалаже, важно је обезбедити брзе и једноставне методе контроле квалитета материјала. Иако постоје стандардне методе за карактеризацију полимера, циљ ове докторске дисертације је да се испита метода анализе слике као технике којом би се брзо и ефикасно добиле информације о промени структуре ПЕТ амбалаже током употребног века. До сада анализа слике није била коришћена за праћење промена у степену кристаличности полимера.

Током ових истраживања утврдиће се и могућности и ограничења за рециклирање отпадне ПЕТ амбалаже за течне формулације пестицида.

2.3. Релевантни библиографски извори

- [1] D. Chidambaram, R. Venkatraj, P. Manisankar, Solvent-induced modifications in poly(ethylene terephthalate), *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, **27** (2002) 199-210.
- [2] G. Sadler, D. Pierce, A. Lawson, D. Suvannunt, D., V. Senthil, Evaluating organic compound migration in poly(ethylene terephthalate): a simple test with implications for polymer recycling, *Food Additives and Contaminants*, **13** (8) (1996) 979-989.
- [3] M.M. Nir, A. Ram, J. Miltz, Sorption and migration of organic liquids in poly(ethylene terephthalate), *Polymer engineering and science*, **36** (6), (1996) 862-868.

- [4] G.E. Serad, B.D. Freeman, M.E. Stewart, A.J. Hill, Gas and vapor sorption and diffusion in poly(ethylene terephthalate), *Polymer* **42** (2001) 6929–6943
- [5] R. Franz, P.G. Demertzis, F. Johansson, C. Lievens, Studies on the development of a quick inertness test procedure for multi-use PET containers – sorption behaviour of bottle wall strips, *Packaging Technology and Science*, **10** (1997) 45-58.
- [6] J. Radhakrishnan, A. Kaito., Structure formation during the isothermal crystallization of oriented amorphous poly(ethylene terephthalate) films, *Polymer*, **42** (2001) 3859-3866.
- [7] C. Freure, G.L. Chen, J.H. Hortan, Examination of solvent interactions at the surface of poly(ethylene terephthalate) films using atomic force microscopy and infrared spectroscopy, *Surface Science*, **437** (1999) 231-238.
- [8] H. Ouyang, W.H. Lee, W. Ouyang, S.T. Shuie, T.M. Wu, Solvent-induced crystallization in poly(ethylene terephthalate) during mass transport: Mechanism and boundary condition, *Macromolecules*, **37** (2004) 7719-7723.
- [9] H. Ouyang, W.H. Lee, M.C. Shih, Three stages of crystallization in poly(ethylene terephthalate) during mass transport, *Macromolecules*, **35** (2002) 8428-8432.
- [10] J. M. Huang, P. P. Chu, F. C. Chang, Conformational changes and molecular motion of poly(ethylene terephthalate) annealed above glass transition temperature, *Polymer*, **41** (2000) 1741-1748.

3. Полазне хипотезе

При испитивању ПЕТ амбалаже, промена масе и димензија боце, промена степена кристалиничности ПЕТ, као и садржај апсорбованог производа у зидовима боце у комбинацији са параметрима растворљивости, током складиштења могу да укажу на оправданост коришћења ПЕТ за паковање пестицида. Промена степена кристалиничности у ПЕТ се јавља услед кристализације индуковане органским растварачима, након апсорпције у зидове ПЕТ боца, а за последицу има смањење прозирности полимера. Посебна пажња би се обратила на зоне у ПЕТ боцама које представљају критична места чија је јачина смањена због заосталих напона у боцама услед индуковане кристализације. Те промене би се пратиле недеструктивном техником, применом методе анализе слике. Ови резултати би се упоредили са резултатима традиционалних метода карактеризације као што су диференцијална скенирајућа калориметрија и поларископија.

4. Научне методе испитивања

Узорци ПЕТ амбалаже различитих запремина ће бити изложени дејству неколико течних формулација пестицида и неколико растварача примењујући тест старења (стабилност пестицида на 54°C током 14 дана, метода СРАС 1.МТ.46), као симулација понашања ПЕТ амбалаже, запремине 50 и 100 ml, током две године контакта са течним садржајем. Користиће се течне формулације пестицида Алахлор Е-48, Жупилан Е-48 и Дифам ЕС-16, и растварачи хлорбензен, изофорон, ксилен, пропилен гликол, глицерол, вода, и индустријски растварачи еспесол, Shellsol А 100 и Solvesso 150.

Након убрзаног старења, узорци ПЕТ ће се карактерисати методом анализе слике, диференцијалном скенирајућом калориметријом и поларископијом. Посебна пажња ће бити посвећена одређивању оптималних услова анализе слике. За те сврхе ће се користити

софтвер IMAGE pro Plus. Методом анализе слике ће бити омогућено издвајање области у амбалажи која је промењена у односу на почетни узорак и квантификовање промена у полимерном материјалу.

Поред апсорпције пестицида и органских растварача у зидове ПЕТ боца, које изазивају промене у структури ПЕТ, испитаће се пропустљивост кроз зидове ПЕТ амбалаже мерењем промене масе ПЕТ боца пре и након теста старења. На основу ових огледа ће се одредити баријерна својства ПЕТ амбалаже.

5. Очекивани научни допринос

Резултати истраживања у докторској дисертацији ће допринети

- проширивању фундаменталних знања о полимерним материјалима,
- бољем разумевању феномена кристализације полимера индуковане растварачем,
- развијању једноставне и брзе методе за одређивање промене удела кристалне фазе у полимерној амбалажи помоћу методе анализе слике,
- успостављању корелације између промене у степену кристализације полимера након дејства растварача и параметра растворљивости растварача,
- успостављању корелације између величине и поларности једињења - састојака пестицида и баријерних својстава ПЕТ амбалаже,
- утврђивању могућности и ограничења за рециклирање ПЕТ амбалаже за пестициде.

6. План истраживања и структура рада

Предмет овог истраживања је експериментална и теоријска анализа утицаја органских састојака пестицида на својства ПЕТ амбалаже. Узорци ПЕТ амбалаже различитих запремина ће бити изложени дејству неколико течних формулација пестицида и неколико растварача примењујући тест старења (стабилност пестицида на 54°C током 14 дана, метода СРАС 1.МТ.46) као симулацију понашања ПЕТ амбалаже током експлоатације. Након убрзаног старења, узорци ПЕТ ће се карактерисати методом анализе слике, диференцијалном скенирајућом калориметријом и поларископијом, као и утврђивањем количине апсорбованог растварача. Предвиђа се да ће у докторској дисертацији бити обрађена следећа поглавља: Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултати и дискусија, Закључак и Литература.

У теоријском делу ће бити представљено добијање, структура и физичка својства, као и услови прераде ПЕТ. Биће представљене карактеристике транспорта малих молекула кроз полимерне материјале са посебним освртом на параметре који утичу на дифузију и апсорпцију у полимерне материјале, као и пропустљивост полимерних материјала. Посебно ће бити обрађена миграција органских молекула из полимера у садржај упакованог производа, утицај кристаличности на транспортна својства и феномен растварачима индуковане кристализације.

У Експерименталном делу ће бити обрађена методологија анализе слике и како се примењује у анализи материјала и биће представљен софтвер за анализу слике Image-Pro Plus. У овом делу ће бити описани услови извођења теста старења, и методе поларископије и диференцијалне скенирајуће калориметрије.

У делу Резултати и дискусија ће бити посебно представљени резултати карактеризације глатких и оребрених боца неколико величина.

У Закључку ће се изнети најважнији резултати уз опаске о њиховој важности, иновативности, практичној примени и план даљег рада.

У Литератури ће се навести радови цитирани у докторској дисертацији, као и радови проистекли из саме дисертације.

7. Закључак и предлог

На основу изложеног, Комисија сматра да је предложена тема докторске дисертације Ненада Јевремовића, дипл.инж.технологије, под насловом “Утицај пестицида на структуру полимера при убрзаном старењу поли(етилен терефталата)” научно утемељена и да ће резултати овог рада представљати значајан допринос области органске хемијске технологије и полимерног инжењерства за који је Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду компетентна установа. Вредност овог рада је и могућност примене стечених сазнања у полимерној амбалажној индустрији. Предлажемо Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду да кандидату Ненаду Јевремовићу, дипл.инж. технологије, одобри израду докторске дисертације под наведеним насловом. За менторе се предлажу др Иванка Поповић, редовни професор и др Мелина Калагасидис Крушић, ванредни професор, обе са Технолошко-металуршког факултета у Београду. Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области Хемија и хемијска технологија за коју је Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду матична установа.

У Београду, 07.09.2015.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

1. др Иванка Поповић, редовни професор, Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет
2. др Мелина Калагасидис Крушић, ванредни професор, Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет
3. др Јасна Џунузовић, научни саветник, Универзитет у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију