



IZPOSTAVLJENO: Že druga mednarodna konferenca na temo krožne embalaže v Sloveniji z več kot 180 udeleženci iz sveta industrije in iz akademske sfere

Že druga mednarodna konferenca na temo krožne embalaže v Sloveniji z več kot 180 udeleženci iz sveta industrije in iz akademske sfere

9. in 10. septembra 2021 je v prostorih Fakultete za tehnologijo polimerov potekala že druga mednarodna konferenca na temo krožne embalaže (»2nd Circular Packaging Conference«).

Fakulteta za tehnologijo polimerov jo je organizirala skupaj Inštitutom za celulozo in papir v sodelovanju in s podporo SRIP Krožno gospodarstvo ter Obudai University Budimpesta.

Izredno veseli smo, da je kakovosten program, kljub trenutnim razmeram, v Slovenj Gradec privabil 85 udeležencev, ki so konferenco in spremljevalne dogodke spremljali v živo v prostorih Fakultete za tehnologijo polimerov ter več kot 100 udeležencev, ki so se nam priključili preko spleta. Skupno smo tako gostili več kot 180 predavateljev in udeležencev iz 29 držav. V okviru konference smo izdali tudi znanstveni zbornik z več kot 40 znanstvenimi prispevki raziskovalcev iz vsega sveta.

Cilj mednarodne konference je bil povezati raziskovalce, strokovnjake iz akademskega sveta, predstavnike industrije, oblikovalce, lastnike blagovnih znamk, trgovce in vse, ki sodelujejo v življenjskem ciklu embalaže, tako papirne, kot polimerne. Predstavljena so bila najnovejša dognanja o inova-

tivnih materialih, tehnologijah, okoljskih rešitvah, trajnostnih poslovnih modelih, pametni embalaži, tiskanju in dodelavi, optimizaciji dobavnih verig, pričakovanju potrošnikov, LCA analizah in rešitvah na področju recikliranja polimernih materialov in bioplastike ter biokompozitov.

Prvi dan je bil namenjen predvsem predstavitvi primerov dobrih praks, izzivov in rešitev iz industrije ter pridobivanju novega znanja. Glavni govorci prvega dne so bili Francesca Stevens, direktorica Evropske organizacije za embalažo in okolje (European Organisation for Packaging and the Environment) in Duncan Mayes, ustanovitelj podjetja Lignutech Oy iz Finske ter strokovnjaki iz svetovnih podjetij (Greiner Packaging, Interseroh, Lidl Slovenija, BSH Home Appliances, DS Smith,...) ter uspe-



Konferenca je potekala hibridno, v živo v prostorih fakultete in preko spleta



Uvodni nagovor dekana, izr. prof. dr. Blaža Nardina

šnih malih in srednjih podjetij (Label Profi, MetGen Oy, KraftPal, Bossis Valjevo,...).

V popoldanskem delu so udeleženci pridobivali nova znanja na področju reciklirane plastike za embalažo in testiranja biorazgradljivosti in kompostabilnosti ter si ogledali laboratorije FTPO in uspešno slovenjgraško podjetje LabelProfi, ki se ukvarja s fleksibilno embalažo in etiketami.

Drugi dan pa je bil namenjen predstavitvi zadnjih rezultatov raziskovalnega dela raziskovalnih in visokošolskih institucij iz vsega sveta, ki so zbrana v znanstvenem zborniku konference.

Nekaj dragocenih zaključkov mednarodne konference o krožni embalaži povzemamo tukaj:

- »Ne gre za en material proti drugemu (Francesca Stevens, Evropska organizacija za embalažo in okolje)«. Trajnost ni dovolj. Izziv je enostavno zbiranje, razvrščanje in recikliranje. Design za krožnost.
- »Krožnost je vmesnik, vsi akterji v vrednostni verigi sodelujejo. Dodana vrednost, ustvarjena na vsakem koraku (Stephen Laske, Greiner Packaging)«.

- »Gre za nove poslovne modele, ustvarjene v krožnih, regionalnih vrednostnih verigah, ki omogočajo optimizacijo tokov materialov, izdelkov, potrošnikov in odpadkov (Duncan Mayes)«.
- »Ukrepite zdaj in ne reagirajte, ko je prepozno (Rok Štifter, BSH – Hišni aparati)«. »Prenova poslovnih strategij. Skupna odgovornost za vpliv embalaže na okolje vseh zainteresiranih strani (industrija, potrošniki, znanstveniki, lokalne skupnosti). Sledenje in prilagajanje trendom in potrebam (Janez Šubelj, LabelProfi)«. Prodaja znanja in modelov ne samo izdelkov = visoka stopnja prilagodljivosti.
- Zakonodajni izzivi. Ni notranjega trga EU, nerazvita infrastruktura za zbiranje in recikliranje odpadkov, razlike v zakonodaji, podpora za naložbe pri izgradnji regionalnih krožnih vrednostnih verig.
- Rešitve za ogljično nevtralnost se lahko uporabijo kot sprožilec za trgovanje ogljičnimi kuponi (emisijski kupni) in se uporabijo kot konkurenčna prednost.



Francesca Stevens, direktorica Evropske organizacije za embalažo in okolje (European Organisation for Packaging and the Environment) je na konferenci sodelovala na daljavo



Dr. David Ravnjak, direktor Inštituta za celulozo in papir (ICP)



Dr. Stephan Laske, globalni direktor za raziskave in razvoj - Greiner packaging International (Avstrija)



Dr. Manica Ulčnik Krump, vodja oddelka za raziskave in razvoj recikliranih virov, INTERSEROH Dienstleistungs GmbH

Svet se sooča z vedno večjim deležem odpadne embalaže, kar je posledica rasti embalažnega trga. Po napovedih vodilnih podjetij za raziskave in svetovanja na področju pakiranja, Smithers Pira in Packaging Europe, naj bi evropski embalažni trg v obdobju 2018–2023 rasel za kar 1,9 % letno, kar je več kot celotna rast trga v preteklem petletnem obdobju. Ker je zavedanje o skrbi za okolje in ekološko nesprejemljivih materialih vedno večje, so podjetja prisiljena razmišljati in delovati trajnostno tudi na področju pakiranja. S povezovanjem nosilcev znanja iz širše regije in vodilnih podjetij iz vrst

proizvajalcev in uporabnikov embalaže menimo, da je konferenca prispevala k ustvarjanju novih partnerstev in krožnih verig vrednosti.

Ob tej priložnosti se ponovno zahvaljujemo vsem predavateljem, ki so z nami delili svoje znanje in rešitve ter sponzorjem konference.

Več informacij o programu na [spletni strani](#). Vabljeni tudi k ogledu [RTVSLO](#) prispevka o konferenci.

V okviru konference (Poster sekcija) je Fakulteta za tehnologijo polimerov sodelovala s 5 prispevki, ki jih povzemamo spodaj.

Sara Jeseničnik, Maja Mešl



GOLDEN SPONSORS



METTLER TOLEDO

SPONSORS



Pred dogodkom je potekala novinarska konferenca, ki so se je poleg predstavnikov FTPO in ICP udeležili Samo Pergar (Lidl Slovenija), Rok Štifter (BSH Hišni aparati Nazarje) in Janez Šubelj (Labelprofi)

VISCOSE FIBRE REINFORCED HIGH-DENSITY POLYETHYLENE AS A FOOD CONTACT MATERIAL

Janez Slapnik^{1,2}, Branka Viltušnik²

¹Faculty of Polymer Technology, Slovenj Gradec, Slovenia
²Plastika Skaza d.o.o., Velenje, Slovenia
janez.slapnik@ftpo.eu

INTRODUCTION

Polymeric materials are often used in food contact applications, where low migrations to food is an essential requirement¹. In recent years, biocomposites, such as natural fibre (NF) or man-made cellulose fibre (MMCF) reinforced polymers, gained increased attention as a promising sustainable alternative to conventional composites^{2,3}. However, their application as food contact materials is rarely explored in the scientific literature⁴. NF or MMCF possess many attractive properties, such as high specific strength and modulus, high abundance, renewability, and biodegradability⁵. MMCF, such as viscose fibres, offers additional benefits as they are produced under controlled conditions, resulting in uniform and homogeneous structures and high chemical purity, which may be especially advantageous in the case of food contact applications⁵. However, the preparation of cellulose fibre (CF) reinforced polymer composites presents many challenges, namely, problems with fibre feeding, low thermal stability and poor interactions with the polymer matrix. CF are difficult to process using conventional melt mixing equipment due to low bulk density that causes problems with the feeding of fibres. Compacting the fibres into pellets using pelletizing process has proven to be a suitable technique to overcome this challenge, but it also comes with its drawbacks as fibre pellets are harder to disperse in a polymer matrix and pelletizing can lead to the shortening of fibres. The addition of lubricants to fibres before the pelletizing process can decrease the aforementioned negative effects associated with fibre pelletizing^{6,7}. As CF are hydrophilic in nature, they exhibit poor interactions with hydrophobic polymers, which leads to poor mechanical properties of the composites. Usually, compatibilizers are added to CF composites to improve the interaction between the interfaces, resulting in higher mechanical performance^{3,8}.

AIM OF A STUDY

Aim was to evaluate the suitability of viscose fibres as a reinforcing agent for high density polyethylene (HDPE) intended for food contact applications. Composites were prepared by extrusion directly from fibres and from fibre pellets to evaluate how pelletizing process influences the mechanical and migration properties of the composites. The effect of the addition of lubricant before the pelletizing process and the addition of compatibilizer was also studied.

MATERIALS

Biobased HDPE (SHA 7260) was a product of Braskem (Brazil). Viscose fibres (Danufil Viscose Type KS GL) were kindly by Kelheim Fibres (Germany). The viscose fibres had a linear density of 1.7 dTex and a cutting length of 5 mm. Lubricant (Crodamide ER) was a product of Crodal Lubricants. Compatibilizer (HDPE grafted with maleic anhydride (HDPE-g-MA)) (Graftabond HD-MAH 02030 C) was kindly provided by Graft Polymer (Slovenia).

SAMPLE PREPARATION

The fibres were pelletized on Techno Aspira PTA 50 pelletizer. Composites were prepared on a co-rotating twin-screw extruder (LabTech LTE 20-44). Test specimens (according to ISO 527 1BA and ISO 179) were prepared on an injection moulding machine (Krauss Maffei CX 180-50).

Table 1: Composition of samples

Sample	HDPE (%)	Fibres (%)	Pellets (%)	HDPE-g-MA (%)	Lubricant (%)
HDPE	100	/	/	/	/
CF	80	20	/	/	/
CP	80	/	20	/	/
CP-L	79.6	/	20	/	0.4
CF-C	79	20	/	1	/
CP-LC	78.6	/	20	1	0.4

CHARACTERIZATION

The fibre dispersion was evaluated by optical analysis of compression moulded films produced from injection moulded specimens. Tensile properties were determined on a universal testing machine (Shimadzu Ag-X plus 10 kN) according to ISO 527 standard. The test speed was set to 1 mm/s (up to 0.25 % strain) and to 50 mm/s (from 0.25 % strain to break). The Charpy impact strength was determined using a pendulum impact tester (LIYI LY-XJJD5) according to ISO 179 standard. The melt flow index (MFI) was determined using a melt flow index analyser (LIYI LY-RR) according to ISO 1133 standard (190 °C, 2.16 kg). Total overall migrations (TOM) of samples were determined using two different liquid food simulants: ethanol 10 % (v/v) and acetic acid 3 % (m/v). The extraction was done in a laboratory oven at 70 °C for two hours. The indicative tests of sensory analysis were performed under conditions described in DIN 10955 standard. The sensory analysis of odour and taste of unlabelled samples was performed by two testers. The odour and taste were empirically evaluated by scoring the intensity according to the scale where value 0 presents no detectable odour or flavour and value 4 presents very strong odour and flavour.

RESULTS

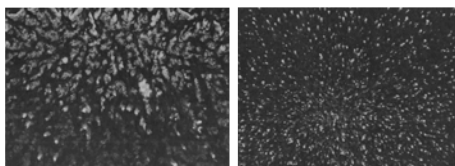


Figure 1: Fibre dispersion of sample CF (left) and CP (right)

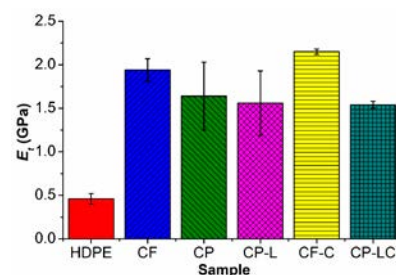


Figure 2: Tensile modulus of samples

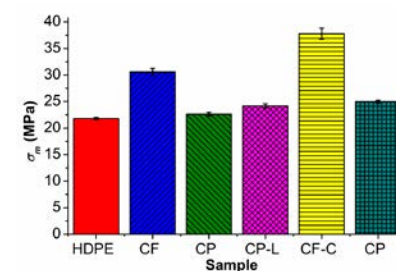


Figure 3: Tensile strength of samples

RESULTS

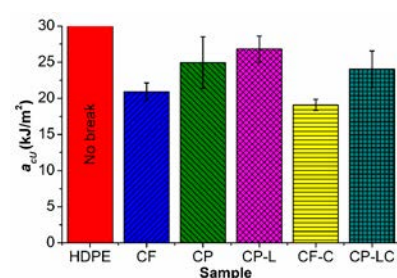


Figure 4: Unnotched Charpy impact strength of samples

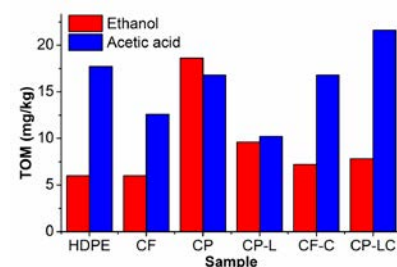


Figure 5: Total overall migrations of samples

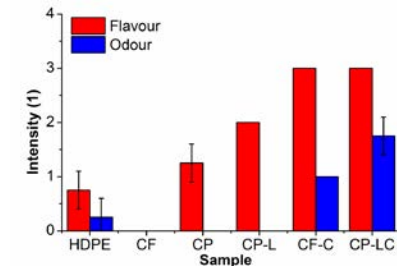


Figure 6: Sensory analysis results

DISCUSSION/CONCLUSION

Results of the present study indicate that viscose fibres are a promising biobased and biodegradable reinforcing agent for polymeric materials intended for food contact applications. Composites prepared directly from viscose fibres offer significantly better mechanical performance than composites prepared from pelletized fibres under tested conditions, which could be further improved with the addition of a compatibilizer. However, the processing of former composites has proven to be challenging. TOM of all tested composites was well below the permitted limit, while sensory analysis showed that composites with added compatibilizer are not suitable for food contact applications.

REFERENCES

- 1 European Commission. Commission Regulation (EU) No 10/2011 (2011) 2
- Pickering, K. L. et al. Compos. Part A Appl. Sci. Manuf. 83, 98–112 (2016) 3
- Gurunathan, T. et al. Compos. Part A Appl. Sci. Manuf. 77, 1–25 (2015) 4
- Berthet, M. A. et al. J. Appl. Polym. Sci. 133, (2016) 5
- Bulota, M. et al. J. Appl. Polym. Sci. 1–8 (2020) 6
- Hietala, M. et al. Compos. Part A Appl. Sci. Manuf. 109, 538–545 (2018) 7
- Jacobson, R. et al. Sixth Int. Conf. Woodfiber-Plastic Compos. 127–133 (2001) 8
- Pickering, K. L. et al. Compos. Part A Appl. Sci. Manuf. 83, 98–112 (2016)

INFLUENCE OF COMPATIBILIZER AMOUNT ON ADHESION AND PROPERTIES OF PE-BASED BIOCOMPOSITES

Tamara Rozman¹, Silvester Bolka¹, Teja Pešl¹, Rebeka Lorber¹, Rajko Bobovnik¹, Igor Karlovits², Blaž Nardin¹

¹Faculty of Polymer Technology, Sloveni Gradec, Slovenia

²Pulp and Paper Institute, Ljubljana, Slovenia
tamara.rozman@ftpo.eu

INTRODUCTION

Due to low density, high stiffness, moderate strength and low price, biocomposites with polyethylene (PE) as matrix and biomass as reinforcement are also gaining the attention of researchers in the field of packaging. The interfacial bonding between the nonpolar PE matrix and the polar biomass determines the properties of the biocomposites. The interfacial bonding can be improved by surface treatment of the biomass or by the addition of a suitable compatibilizer. The compatibilizer, in the present case maleic anhydride grafted onto the PE main chain, can also facilitate the dispersion of the biomass in the PE matrix. In addition, the nature of the compatibilizer can also be used to increase the surface tension of the biocomposite. The triple compatibilization function was tested with the PE-HD matrix and the addition of 2 wt.%, 3 wt.%, 4. wt.% and 5 wt.% PE -g- MA compatibilizer. Either 30 wt.% waste paper or miscanthus fibers were used as reinforcement. Adhesion was tested using IML technology during injection molding.

METHODS

For the compounding cycle, the materials were mixed separately and extruded on the Labtech LTE 20-44 twin screw extruder. Injection molding was performed on Krauss Maffei 50-180 CX with a screw diameter of 30 mm. The mechanical and thermal properties of the biocomposites were determined using bending and tensile tests, DMA, DSC, TGA and impact tests.

Table 1: Composition of the samples (M-miscanthus fibers, WP-waste paper, C-compatibilizer, L-lubricant, AO-antioxidant)

Sample	PE-HD (wt.%)	M (wt.%)	WP (wt.%)	C (wt.%)	L (wt.%)	AO (wt.%)
15_02	66.62	30		2	1	0.38
15_03	64.62	30		4	1	0.38
15_04	62.62	30		6	1	0.38
60_01	66.62		30	2	1	0.38
60_02	64.62		30	4	1	0.38
60_03	65.62		30	3	1	0.38
60_04	63.62		30	5	1	0.38
63_01	65.62	30		3	1	0.38
63_02	64.62	30		4	1	0.38
63_03	63.62	30		5	1	0.38
63_04	65.62		30	3	1	0.38
63_05	64.62		30	4	1	0.38
63_06	63.62		30	5	1	0.38

RESULTS

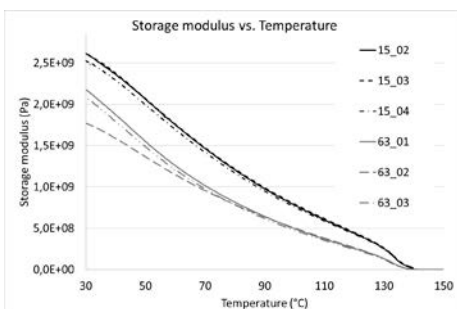


Figure 1: Summarized results of storage modulus for the samples with miscanthus

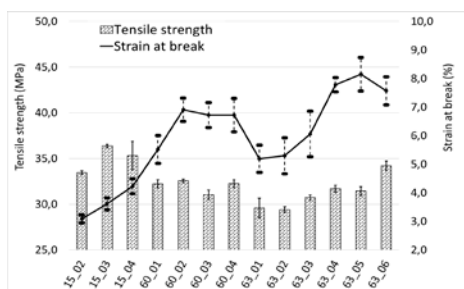


Figure 2: Summarized results of the tensile strength (bars) and strain at break (line)

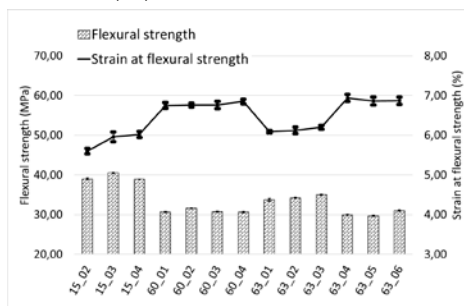


Figure 3: Summarized results of the flexural strength (bars) and strain at flexural strength (line)

Table 2: Summarized results from the 2nd heating from DSC tests

Sample	T _m (°C)	ΔH _m (J/g)	T _c (°C)	ΔH _c (J/g)	X _c (%)
15_02	131.1	132.4	116.5	132.1	67.8
15_03	132.1	115.9	116.6	111.2	61.2
15_04	131.6	122.2	115.9	113.6	66.6
60_01	130.9	140.4	116.9	134.5	71.9
60_02	131.0	125.9	116.9	113.9	66.5
60_03	131.2	133.0	116.7	126.9	69.2
60_04	132.2	136.1	115.9	132.8	73.0
63_01	130.2	126.4	117.1	120.7	65.7
63_02	134.4	104.3	113.6	98.9	55.1
63_03	132.4	109.1	115.0	107.8	58.5
63_04	134.9	111.5	114.3	110.0	58.0
63_05	132.3	122.7	115.9	118.0	64.8
63_06	132.1	124.4	116.3	121.9	66.7

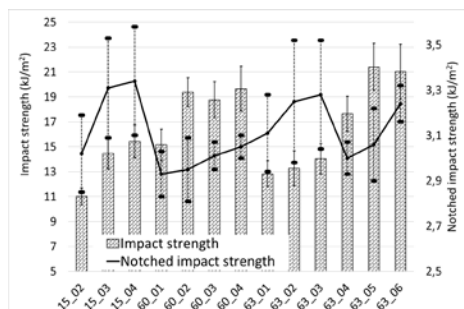


Figure 4: Summarized results of toughness: impact strength (bars) and notched impact strength (line)



Figure 5: Samples made with IML technology

DISCUSSION/CONCLUSION

The research work focused on the amount of added compatibilizer in biocomposites with PE-HD matrix and biomass on the adhesion of labels in in-mold technology and the influence on the properties of the injection molded parts. The increasing amount of compatibilizer does not drastically affect the stiffness, but increases the strength and elongation at break. The good interfacial adhesion between biomass and PE-HD matrix was further confirmed by the shift of loss modulus to higher temperatures and the increasing impact and notched impact strength with increasing amount of compatibilizer in the biocomposites. The particle size of the biomass had the greatest influence on the behavior of the composites. Higher particle sizes decreased stiffness, storage modulus, impact strength and crystallinity. A higher improvement in mechanical properties was obtained with miscanthus compared to waste paper, probably due to the high content of inorganic filler in the waste paper, which also caused a decrease in notched impact strength. Label adhesion was best when at least 5 wt.% of the compatibilizer was added and was not affected by the added biomass. We have shown that the one-step labeling process is feasible with the right amount of added compatibilizer in the biocomposites and can also be used for packaging applications, since additional production steps such as cleaning and activation of the surface before labeling can be avoided resulting in savings of time and expenses.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors would like to acknowledge the financial support received from the Slovenian Smart Specialization Program (CEL.CYCLE - <http://celkrog.si/?lang=en>, grant number C3330-16-529004).

REFERENCES

- Barczewski, M., Matyjaszewski, P., Piascki, A. & Szołta, M. (2018). Polyethylene green composites modified with soft agricultural waste filler: thermo-mechanical and damping properties. *Composites Interfaces*, 25(4), 287–297.
- Chen, C.-L., H. M., Huang, S.-T., & Wang, Y.-C. (2010). Effect of deformation film on mold surface temperature during in-mold decoration injection molding process. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 37(1), 501–505. <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2010.10.005>
- Chen, C.-L., H. M., Huang, S.-T., & Wang, Y.-C. (2010). Effect of deformation film on mold surface Temperature during in-mold decoration injection molding process. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 37(1), 501–505. <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2010.10.005>
- Moulded Plastics (E. Cuntley (ed.), Sintershaya Raja Technology.
- Gao, Y., Yu, D., Xu, R., & Wang, Q. (2021). Grafting of polyethylene glycol polyurethane blends with maleic anhydride onto polyethylene terephthalate (PET) for biodegradable composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 143(1), 150–157. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2021.10.001>
- Guo, Y., Wang, Y., & Wang, Y. (2019). Mechanical properties and degradation of polyethylene terephthalate and characterization of green composites from bio-based polyurethane and peanut shell. *Journal of Applied Polymer Science*, 133(37), 12–47. <https://doi.org/10.1002/app.43940>
- Hassan, A. A., Chong, P., & Wang, Y. (2019). Mechanical Properties of Polyethylene Terephthalate (PET) Reinforced with Macromonomers. *133(7)*, 142–147. <https://doi.org/10.1002/app.43940>
- Russelhy, S., Amin, A. N., & Ismail, H. (2013). Effect of Maleic Anhydride Grafted polyethylene (MAPE) and Engineering Plastics of Recycled Polyethylene (RPET) on the Mechanical Properties of Plastic Technology and Engineering. *133(7)*, 167–174. <https://doi.org/10.1002/app.43940>
- Mohanty, S., Verma, S. K., & Nayak, S. K. (2006). Dynamic mechanical and thermal properties of MAPE treated PET/PP blends. *Journal of Materials and Technology*, 66(3–4), 538–547. <https://doi.org/10.1016/j.mattec.2005.06.014>
- Nugent, P. (2005). *Rotational Molding. Handbook of Plastic Processes*, 387–453.
- Petchwattana, N., Covicarskic, S., & Chanakul, S. (2012). Mechanical properties, thermal degradation and natural weathering of high density polyethylene/rice hull composites compatibilized with maleic anhydride grafted polyethylene. *Journal of Applied Polymer Science*, 125(1), 100–108.
- Rahman, M. R., Rahman, M. M., Hamdan, S., & Lai, J. C. H. (2010). Impact of maleic anhydride, nanoclay, and silica on jute fiber-reinforced polyethylene biocomposites. *Biore resources*, 1(13), 5909–5917.
- Joumel, E., Terzopoulos, Z., Pavlidou, E., Christakis, K., Papadopoulos, E., Athanasiadou, E., Triantafyllidis, K., & Kilikari, D. N. (2015). Effect of maleic anhydride on the mechanical and thermal properties of high-density polyethylene. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 111(1), 33–05.
- Susan, S. E., & John, D. C. (2016). *Selke, Custer Plastics Catalogue*. *Plastics Catalogue: Properties, Processing, and Applications*, 1–10.



TOUGHNESS MODIFICATION OF PLA BIOCOMPOSITES

Teja Pešl, Silvester Bolka, Tamara Rozman, Rebeka Lorber, Rajko Bobovnik, Blaž Nardin

Faculty of Polymer Technology, Slovenj Gradec, Slovenia
teja.pesl@ftpo.eu

INTRODUCTION

High-volume applications of bio-based and biodegradable materials are driven by low carbon footprint, renewability, and compostability. Like other fossil-based thermoplastic materials, bio-based and biodegradable materials have some drawbacks. These can be avoided by blending these materials with other thermoplastic materials. Polylactic acid (PLA) and poly(butylene adipate-co-terephthalate) (PBAT) are polyester materials that have attracted a lot of attention due to their biodegradability. PLA is synthesized from renewable resources, while PBAT is petroleum-based. PLA is a semi-crystalline polymer with a melting point around 180 °C and a glass transition temperature of 50 °C to 65 °C. The thermal properties and toughness of PLA are insufficient in many applications, including packaging applications (Reddy et al., 2013). To improve the poor performance of PLA, blends can be made with flexible but biodegradable materials such as polycaprolactone (PCL), poly(propylene carbonate) (PPC), poly(butylene succinate) (PBS), poly(butylene succinate-co-adipate) (PBSA), and PBAT (Wang et al., 2019).

METHODS

Materials

Commercially available PLA with the trade name Ingeo 4043D was provided by Plastika Trček, Slovenia. Commercially available PBAT with the trade name Ecoflex F Blend C1200 was purchased from BASF, Germany. A commercially available multifunctionalized epoxy polymer with the trade name Joncryl ADR 4468 was purchased from BASF, Netherlands. A commercial TPU copolymer with the trade name Kuramiron U TU -S5265 was purchased from Kuraray, Germany. Commercial hops with the trade name Styrian Aurora in the form of pellets were donated by Slovenian Institute of Hop Research and Brewing, Slovenia. The composition of the samples is shown in Table 1.

Table 1: Composition of the samples and number of compounding cycles

Sample	PLA (wt.%)	PBAT (wt.%)	TPU (wt.%)	Joncryl (wt.%)	Hops (wt.%)
PLA	100	0	0	0.0	0
PLA15PBAT10H	70	15	4.5	0.5	10
PLA15PBAT5H	75	15	4.5	0.5	5
PLA20PBAT5H	70	20	4.5	0.5	5

Processing

For the compounding cycle, the materials were mixed separately and extruded on the Labtech LTE 20-44 twin screw extruder. After compounding, the two produced filaments were cooled in a water bath and cut into pellets with a length of about 5 mm and a diameter of 3 mm. Injection molding was performed on Krauss Maffei 50-180 CX with a screw diameter of 30 mm.

Characterization

Flexural and tensile tests were performed on the Shimadzu AG-X plus according to ISO 178 and ISO 527-1, respectively. Five measurements were taken for each specimen. Thermomechanical properties were investigated using a Perkin Elmer DMA 8000. Thermal measurements were performed using a differential scanning calorimeter (DSC 2, Mettler Toledo) under nitrogen atmosphere (20 mL/min). Thermogravimetric analyses (TGA) were performed using a Mettler Toledo TGA/DSC 3+ thermal analyzer. Impact tests were performed using a pendulum Dongguan Liyi Test Equipment, type LY-XJJD5, according to ISO 179.

RESULTS

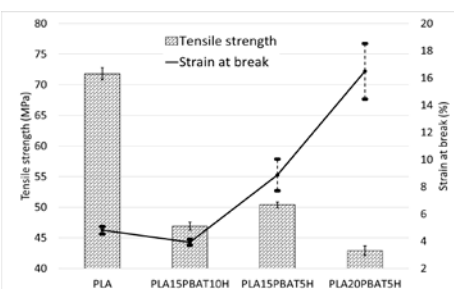


Figure 1: Summarized results of the tensile strength (bars) and strain at break (line)

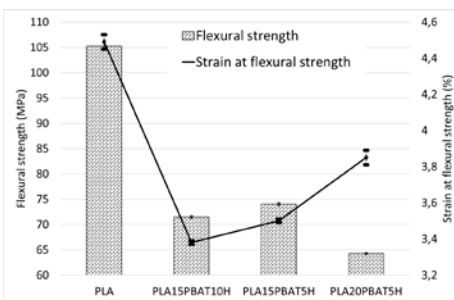


Figure 2: Summarized results of the flexural strength (bars) and strain at flexural strength (line)

Table 2: Summarized results from the 2nd heating from DSC tests

Sample	T _g (°C)	T _{cc} (°C)	ΔH _{cc} (J/g)	T _m (°C)	ΔH _m (J/g)	Diff. ΔH _m (J/g)
PLA	59.7	118.5	13.3	152.5	13.5	0.2
PLA15PBAT10H	58.7	126.8	7.5	153.7	8.1	0.6
PLA15PBAT5H	59.5	129.7	4.8	154.0	5.1	0.3
PLA20PBAT5H	58.7	131.2	1.8	154.1	2.7	0.9

Table 3: Summarized results from the cooling from DSC tests

Sample	T _g (°C)	T _{c,PLA} (°C)	ΔH _{c,PLA} (J/g)	T _{c,PBAT} (°C)
PLA	54.6	-	-	-
PLA15PBAT10H	-	69.3	0.5	40.3
PLA15PBAT5H	-	70.2	0.2	44.1
PLA20PBAT5H	-	71.3	0.8	40.3

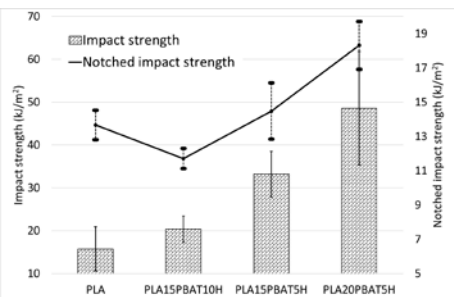


Figure 3: Summarized results of toughness: impact strength (bars) and notched impact strength (line)

DISCUSSION/CONCLUSION

The effect of adding PBAT in two different amounts to PLA and adding hops in two different amounts on the toughness of biocomposites was investigated. In addition, the synergistic effect of the multifunctionalized epoxy polymer and TPU as compatibilizer was investigated and explored.

The synergistic effect of multifunctionalized epoxy polymer and TPU copolymer as compatibilizer leads to new properties of PLA-based thermoplastic materials. The toughness was drastically increased, the composites remained biodegradable, and the processing temperature could be lower compared to neat PLA. An interesting correlation was described between the crystallization kinetics of PLA and the crystallization of PBAT. The biomass could be an effective additive for nucleation and at the same time a plasticizer for PLA-based thermoplastic composites. To avoid immiscibility of PLA and PBAT, the multifunctionalized epoxy polymer together with the compatibilizer TPU copolymer achieved excellent interfacial interaction between PLA and PBAT and at the same time enabled good compatibilization of biomass without any surface pretreatment of biomass. The research work described showed a huge improvement in toughness without the need to use other processes besides compounding all materials in one step. Toughness improvement is important in the packaging sector, especially for flexible packaging. The second important point in the composite material described is the addition of biomass, which both changes the properties and lowers the price of the material. The lower price is often the most important factor in material selection.

The correlation between the PLA crystallization kinetics and the crystallization of PBAT, as well as the effects on the toughness of the PLA/PBAT blends, should be investigated in further research.

REFERENCES

- Al-Itty, R., Lamawar, K., & Mazouz, A. (2014). Rheological, morphological, and interfacial properties of compatibilized PLA/PBAT blends. *Rheologica Acta*, 53(7), 501–517. <https://doi.org/10.1007/s00397-014-0774-2>
- Arruda, L. C., Magaton, M., Bretas, R. E. S., & Ueki, M. M. (2015). Influence of chain extender on mechanical, thermal and morphological properties of blown films of PLA/PBAT blends. *Polymer Testing*, 42, 27–37. <https://doi.org/10.1016/j.polytest.2015.02.005>
- Carbonell-Verdu, A., Ferri, J. M., Domínguez, F., Boronat, T., Sánchez-Nacher, L., Balart, R., & Torres, L. (2018). Manufacturing and compatibilization of PLA/PBAT binary blends by cottonseed oil-based derivatives. *Express Polymer Letters*, 12(9), 808–823. <https://doi.org/10.3144/expresspolymlett.2018.69>
- Deng, Y., Yu, C., Wongwattana, P., & Thomas, N. L. (2018). Optimizing Ductility of Poly(Lactic Acid)/Poly(Butylene Adipate-co-Terephthalate) Blends Through Co-continuous Phase Morphology. *Journal of Polymers and the Environment*, 26(9), 3802–3816. <https://doi.org/10.1007/s10924-018-1256-x>
- Ding, Y., Feng, W., Lu, B., Wang, P., Wang, G., & Ji, J. (2018). PLA-PEG-PLA tri-block copolymers: Effective compatibilizers for promotion of the interfacial structure and mechanical properties of PLA/PBAT blends. *Polymer*, 146, 179–187. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2017.11.012>
- Ding, Y., Lu, B., Wang, P., Wang, G., & Ji, J. (2018). PLA-PBAT-PLA tri-block copolymers: Effective compatibilizers for promotion of the mechanical and rheological properties of PLA/PBAT blends. *Polymer Degradation and Stability*, 147(August 2017), 41–48. <https://doi.org/10.1016/j.polydegstab.2017.11.012>
- Jalili Dhi, E., Carreau, P. J., & Favis, B. D. (2015). Morphology, miscibility and continuity development in poly(lactic acid)/poly(butylene adipate-co-terephthalate) blends. *Polymer*, 68, 202–212. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2015.05.012>
- Khatse, S., Daranarong, O., Punyodom, W., & Woratitipphon, P. (2018). Electrospinning polymer blend of PLA and PBAT: Electrospinnability-solubility map and effect of polymer solution parameters toward application as antibiotic-carrier mats. *Journal of Applied Polymer Science*, 135(28), 1–19. <https://doi.org/10.1002/app.46486>
- Lamawar, K., Mazouz, A., Cabrera, G., & Al-Itty, R. (2018). Interfacial tension properties in biopolymer blends: From deformed drop retraction method (DDRM) to shear and elongation rheology application to blown film extrusion. *International Polymer Processing*, 33(3), 411–424. <https://doi.org/10.1039/217.3614>
- Lyu, Y., Chen, Y., Lin, Z., Zhang, J., & Shi, X. (2020). Manipulating phase structure of biodegradable PLA/PBAT system: Effects on dynamic rheological responses and 3D printing. *Composites Science and Technology*, 200, 108399. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2020.108399>
- Palisowski, P. A., Kuchner, C. N., Pinheiro, I. F., & Morales, A. R. (2018). Biodegradation in Soil of PLA/PBAT Blends Compatibilized with Chain Extender. *Journal of Polymers and the Environment*, 26(1), 330–341. <https://doi.org/10.1007/s10924-017-0951-3>
- Pietrowski, W., Prusinski, N., & Ahl-Öng, D. (2019). Preparation and Characteristics of Poly(butylene adipate-co-terephthalate)/Poly(lactide) Blend Films via Synergistic Efficiency of Plasticization and Compatibilization. *Chinese Journal of Polymer Science (English Edition)*, 37(1), 68–78. <https://doi.org/10.1007/s10118-019-2174-7>
- Reddy, M. M., Vivekanandhan, S., Misra, M., Bhatia, S. K., & Mohanty, A. K. (2013). Biobased plastics and biomimetic composites: Current status and future opportunities. *Progress in Polymer Science*, 38(10–11), 1653–1689. <https://doi.org/10.1016/j.proppolymsci.2013.05.006>
- Schneider, J., Manjura, S., & Narayan, R. (2016). Reactive modification and compatibilization of poly(lactide) and poly(butylene adipate-co-terephthalate) blends with epoxy functionalized poly(lactide) for blown film applications. *Journal of Applied Polymer Science*, 133(16), 1–9. <https://doi.org/10.1002/app.43310>
- Su, S., Duhe, M., & Kopitzky, R. (2020). Uncompatibilized PBAT/PLA blends: Manufacturability, miscibility and properties. *Materials*, 13(21), 1–17. <https://doi.org/10.3390/ma13214897>
- Wang, X., Peng, S., Chen, H., Yu, X., & Zhao, X. (2019). Mechanical properties, rheological behaviors, and phase morphologies of high-toughness PLA/PBAT blends by in-situ reactive compatibilization. *Composites Part B: Engineering*, 173(June), 107028. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2019.107028>
- Wu, F., Misra, M., & Mohanty, A. K. (2019). Super Toughened Poly(lactide acid)-Based Ternary Blends via Enhancing Interfacial Compatibility [Research-article]. *ACS Omega*, 4(1), 1955–1968. <https://doi.org/10.1021/acsomega.8b02587>
- Zhao, X., Hu, H., Wang, X., Yu, X., Zhou, W., & Peng, S. (2020). Super tough poly(lactide acid) blends: A comprehensive review. *RSC Advances*, 10(22), 13316–13368. <https://doi.org/10.1039/d0ra01801a>

TOUGHNESS MODIFICATION OF PLA BASED BLENDS WITH NANOCRYSTALLINE CELLULOSE

Silvester Bolka, Teja Pešl, Rebeka Lorber, Tamara Rozman, Rajko Bobovnik, Blaž Nardin

Faculty of Polymer Technology, Slovenj Gradec, Slovenia
silvester.bolka@ftpo.eu

INTRODUCTION

Due to the large amount of plastic waste in the environment, consumers demanded the development of environmentally friendly packaging materials. Polylactic acid (PLA) is one of the bio-based and biodegradable alternatives. Besides good processing properties, PLA also has some drawbacks. The most pronounced one for use in the packaging sector is brittleness. To avoid this drawback, nanocrystalline cellulose (NCC) can be incorporated into the PLA matrix. To prevent the agglomeration of NCC and improve the surface interaction between NCC and PLA, the surface modification of NCC is the most researched topic. For packaging material, price is also an extremely important issue. Surface modification of NCC is an additional processing step that also involves chemicals and is not always environmentally friendly. An alternative to surface modification of NCC is the use of a suitable compatibilizer to improve the surface interactions between NCC and the thermoplastic matrix and to allow uniform dispersion and distribution of NCC in the thermoplastic matrix.

METHODS

To characterize the properties we performed tensile and flexural tests, DMA, TGA, DSC, OIT, Flash DSC and Charpy test.

RESULTS

Table 1: Composition of the samples and number of compounding cycles

Sample	PLA (wt. %)	PC (wt. %)	SEBS (wt. %)	TPU (wt. %)	CaCO ₃ (wt. %)	NCC (wt. %)	Compounding cycles
PLAPC	42	40	10	5	3	0	1
PLAPC 1NCC-1	41	40	10	5	3	1	1
PLAPC 1NCC-2	41	40	10	5	3	1	2
PLAPC 2NCC-1	40	40	10	5	3	2	1
PLAPC 2NCC-2	40	40	10	5	3	2	2
PLAPC 5NCC-1	37	40	10	5	3	5	1
PLAPC 5NCC-2	37	40	10	5	3	5	2

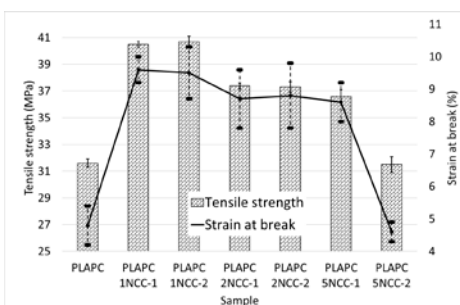


Figure 1: Summarized results of the tensile strength (bars) and strain at break (line)

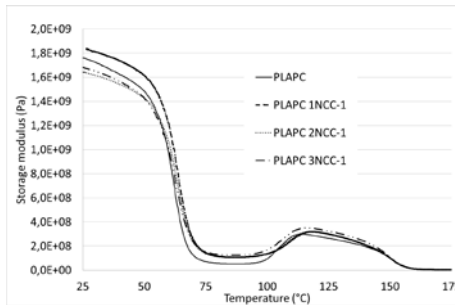


Figure 2: Summarized results of storage modulus for the first compounding cycle

Table 2: Summarized results from the 2nd heating from DSC tests

Sample	T _g (°C)	ΔC _p (J/gK)	T _{cc} (°C)	ΔH _{cc} (J/g)	T _m (°C)	ΔH _m (J/g)	Diff. ΔH _m (J/g)
PLAPC	59,8	0,106	123,6	5,35	152,0	5,37	0,02
PLAPC 1NCC-1	60,8	0,091	133,3	0,32	152,2	0,37	0,05
PLAPC 1NCC-2	60,6	0,094	128,3	0,04	152,2	0,33	0,29
PLAPC 2NCC-1	61,1	0,079	133,4	0,13	152,4	0,31	0,18
PLAPC 2NCC-2	60,7	0,085	131,6	0,18	152,8	0,52	0,34
PLAPC 5NCC-1	61,1	0,060	130,4	0,24	153,2	0,48	0,24
PLAPC 5NCC-2	60,1	0,078	128,4	1,28	152,9	1,67	0,39

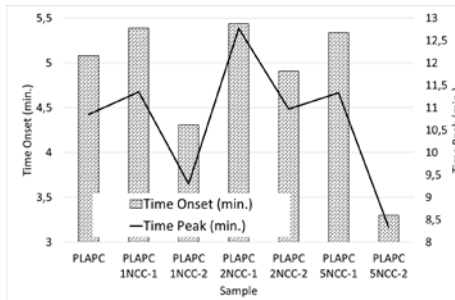


Figure 3: Summarized results of oxidation induction time: onset time (bars) and peak time (line)

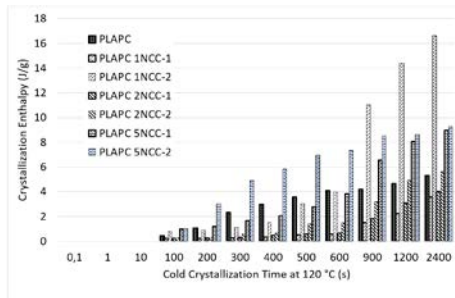


Figure 4: Summarized results of crystallization enthalpy of the samples after aging at 90 ° C for 100 s and various cold crystallization times at 120 ° C

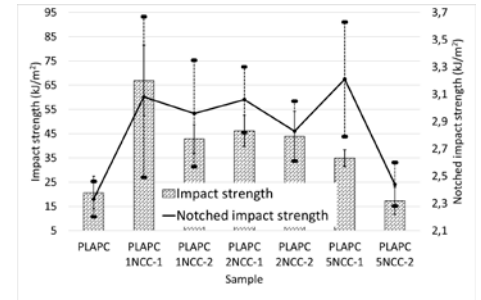


Figure 5: Summarized results of toughness: impact strength (bars) and notched impact strength (line)

DISCUSSION/CONCLUSION

The effect of adding NCC in three different ratios into PLA-based blends and in two compounding cycles on the toughness of nanocomposites NCC/PLA-based blends were investigated. The addition of NCC increases the stiffness, strength and elongation at break. The glass transition temperatures are not affected by the addition of NCC. Moreover, the NCC prevents the crystallization of the PLA matrix upon cooling and postpones the cold crystallization of the PLA matrix upon heating to higher temperatures. The toughness was improved in the nanocomposites with NCC. The results show that the toughness of the PLA blend was improved by the addition of NCC, although NCC was used without surface modification. Modification with a suitable compatibilizer during compounding is the environmentally friendly alternative for the production of nanocomposites for the packaging industry.

REFERENCES

- Anderson, K. S., Schreck, K. M., & Hillmyer, M. A. (2008). Toughening polylactide. *Polymer Reviews*, 48(1), pp.25–108.
- Chelghoum, N., Guessoum, M., Fois, M., & Haddouji, N. (2018). Contribution of Catalytic Transesterification Reactions to the Compatibilization of Poly(lactic acid)/Polycarbonate Blends: Thermal, Morphological and Viscoelastic Characterization. *Journal of Polymers and the Environment*, 26(1), pp.342–354.
- Chen, G. X., Kim, H. S., Kim, E. S., & Yoon, J. S. (2005). Compatibilization-like effect of reactive organoclay on the poly(l-lactide)/poly(butylene succinate) blends. *Polymer*, 46(25), pp.11829–11836.
- Ferreira, W. H., Carmo, M. M. I. B., Silva, A. L. N., & Andrade, C. T. (2015). Effect of structure and viscosity of the components on some properties of starch-rich hybrid blends. *Carbohydrate Polymers*, 117, pp.988–995.
- Hoddy, W. H., Al-Mulla, E. A. J., & Al-Jarrah, K. W. (2010). Mechanical and Thermal Properties of PLA/PCL Modified Clay Nanocomposites. *Journal of Polymers and the Environment*, 18(4), pp.608–616.
- Irani-Kolash, E., Moshiri-Gomchi, N., Talebi-Liasi, A., Sabahi, S., Bahri-Laleh, N., Mehdiour-Atefi, S., Mokhtari-Alabadi, J., & Mirzomohammadi, S. A. (2020). Preparation of an enhanced nanohybrid alloy based on polylactic acid/polycarbonate/nanosilica. *Plastics, Rubber and Composites*, 49(6), pp.263–270.
- Kian, L. K., Saba, N., Jawaid, M., & Sultan, M. T. H. (2019). A review on processing techniques of bast fibers nanocellulose and its polylactic acid (PLA) nanocomposites. *International Journal of Biological Macromolecules*, 121(2019), pp.1314–1328.
- Krishnan, S., Pandey, P., Mohanty, S., & Nayak, S. K. (2016). Toughening of Poly(lactic acid): An Overview of Research Progress. *Polymer - Plastics Technology and Engineering*, 55(15), pp.1623–1652.
- Liu, H., & Zhang, J. (2011). Research progress in toughening modification of polylactic acid. *Journal of Polymer Science, Part B: Polymer Physics*, 49(15), pp.1051–1063.
- Monticelli, O., Calabrese, M., Gardella, L., Fino, A., & Giocchetti, E. (2014). Silsesquioxanes: Novel compatibilizing agents for tuning the microstructure and properties of PLA/PCL immiscible blends. *European Polymer Journal*, 58, pp.69–78.
- Ojijo, V., Ray, S. S., & Sadiku, R. (2012). Effect of nanoclay loading on the thermal and mechanical properties of biodegradable polylactide/poly(butylene succinate)-co-adipate blend composites. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 4(5), pp.2395–2405.
- Rasal, R. M., Janorkar, A. V., & Hirt, D. E. (2010). Poly(lactic acid) modifications. *Progress in Polymer Science (Oxford)*, 35(3), pp.338–356.
- Risse, S., Tighzert, L., Berzin, F., & Vergnes, B. (2014). Microstructure, rheological behavior, and properties of poly(lactic acid)/poly(butylene succinate)/organoclay nanocomposites. *Journal of Applied Polymer Science*, 131(12), pp.1–8.
- Sabo, R. C., Stark, Nicole M., & Wei Linqing. (2019). Wet compounding of cellulose nanocrystals into polylactic acid for packaging application. *ANTEC-2019-The Plastics Conference 2019*, p.5.
- Sullivan, E. M., Moon, R. J., & Kalaitzidou, K. (2015). Processing and characterization of cellulose nanocrystals/poly(lactic acid) nanocomposite films. *Materials*, 8(12), pp.8106–8116.
- Sung, S. H., Chang, Y., & Han, J. (2017). Development of polylactic acid nanocomposite films reinforced with cellulose nanocrystals derived from coffee silverskin. *Carbohydrate Polymers*, 169, pp.495–503.
- Wu, D., Zhang, Y., Zhang, M., & Yu, W. (2009). Selective localization of multiwalled carbon nanotubes in poly(ε-caprolactone)/polylactide blend. *Biomacromolecules*, 10(2), pp.417–424.
- Zeng, J. B., Li, K. A., & Du, A. K. (2015). Compatibilization strategies in poly(lactic acid)-based blends. *RSC Advances*, 5(41), pp.32546–32565.

PEEL PROPERTIES OF MODIFIED PE-PP BLENDS

Rebeka Lorber¹, Silvester Bolka¹, Peter Kozin², Blaž Nardin¹

¹Faculty of Polymer Technology, Slovenj Gradec, Slovenia
²Sankom Plus d.o.o., Ljubljana, Slovenia
rebeka.lorber@ftpo.eu

INTRODUCTION

In most packaging applications, packaged goods are sealed to prevent contamination and spoilage from light, moisture, temperature, and oxygen in the environment. On the one hand, the seal must protect the contents as it directly affects the quality of the product and its shelf life, on the other hand, it should be easy to open in order to satisfy customers and provide them with a positive experience, as well as fulfill its original purpose, which is to prevent contamination (SP Group, 2021). Probably everyone has seen a seal that was difficult to peel off without tearing or damaging the container. Most of these packages are coextruded blown films made of multiple layers and different materials, usually having a peelable seal layer and a core layer of polyethylene (PE) (Falla, 2015). Poor packaging that is difficult to open and tears when opened, regardless of the value of the packaged goods, can cause the product to become unusable - it becomes damaged, difficult to store and handle, and can negatively impact the reputation of the supplier. Experimental characterization of packaging is becoming increasingly important to avoid such inconveniences, save costs and ensure functionality of the packaging (Stable Micro Systems Ltd., 2021). In view of the above, three commercially available peel effect modifiers were selected and added to the PE-PP blends in an amount of 10 wt.% and 20 wt.%. The prepared granular blends were extruded and granulated. The granules were pressed into films on laboratory press. The mechanical and thermal properties of the films were evaluated as well as their peel properties.

PROBLEM DESCRIPTION

Achieving the desired peel properties of thin polymer films for sealed packaging is gaining importance over the past year due to increasing demand, particularly in food preservation and medical applications. For customer convenience in all packaging applications and to ensure sterility in medical device packaging, seals should be as easy to peel as possible without compromising functionality.

METHODS

To achieve the desired peel effect, 6 modified blends of PE and PP were prepared using 3 different commercially available modifiers at 2 different concentrations. The first modifier was an ethylene-based α -olefin copolymer (Tafmer A), the other two were ethylene-based octene-1 plastomers (Queo 0201 and Queo 8201) and were added at 10 wt.% and 20 wt.%. The percentage of PE was set at 30 wt.%, and the percentage of PP was 50 wt.% or 60 wt.%, depending on the modifier content, list of prepared samples is presented in the Table 1. The prepared blends were extruded and granulated using a twin screw extruder. The granules were pressed into thin films, which were analyzed for their tensile properties by standard tensile tests and dynamic mechanical analysis (DMA), heat sealing and peeled on an universal testing machine, for their chemical structure by Fourier transformation infrared spectroscopy (FT-IR), and for their thermal properties by differential scanning calorimetry (DSC) and thermogravimetric analysis (TGA).

Table 1: List of samples

Sample	LDPE (%)	Modification	PP (%)
1	30	10 % Tafmer A	60
2	30	20 % Tafmer A	50
3	30	10 % Queo 0201	60
4	30	20 % Queo 0201	50
5	30	10 % Queo 8201	60
6	30	20 % Queo 8201	50

RESULTS

Table 2: Tensile properties of films

Sample	Tensile modulus (GPa)	Tensile strength (MPa)	Strain at tensile strength (%)
1	0.60 ± 0.08	15.91 ± 0.46	12.73 ± 0.75
2	0.63 ± 0.06	13.98 ± 0.22	17.45 ± 0.24
3	0.94 ± 0.05	17.33 ± 0.75	14.03 ± 0.91
4	0.61 ± 0.05	15.05 ± 0.19	15.91 ± 1.41
5	0.72 ± 0.15	15.35 ± 0.56	11.74 ± 0.79
6	0.64 ± 0.07	14.45 ± 0.48	16.76 ± 1.34

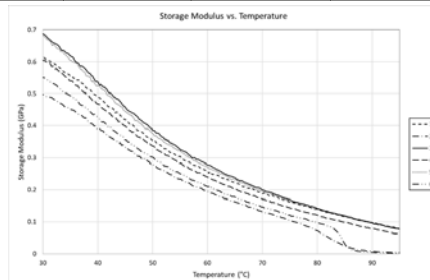


Figure 1: Storage modulus versus temperature

Table 3: Average maximal peel forces of samples

Sample	Maximal peel force (N)
1	8.3 ± 1.6
2	7.9 ± 2.1
3	7.4 ± 1.3
4	7.6 ± 1.2
5	7.4 ± 1.3
6	6.6 ± 1.8

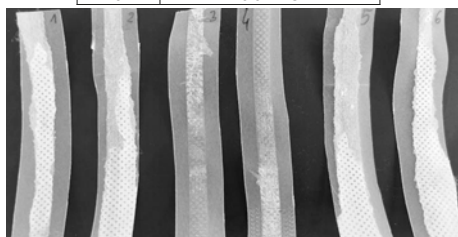


Figure 2: Peeled films

Table 4: Tensile properties of films

Sample	Degradation temperature (°C)	Decomposition (%)	The residue (%)
1	463.5	99.3	0.7
2	467.8	99.9	0.1
3	466.3	99.7	0.3
4	464.7	99.9	0.1
5	464.4	99.8	0.2
6	465.9	99.9	0.1

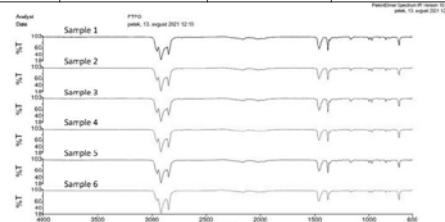


Figure 3: FT-IR spectra of samples

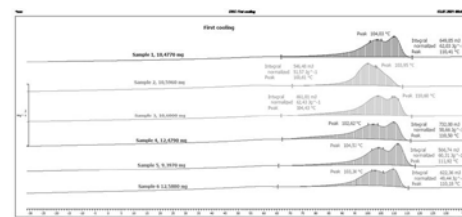


Figure 4: DSC thermograms of first cooling

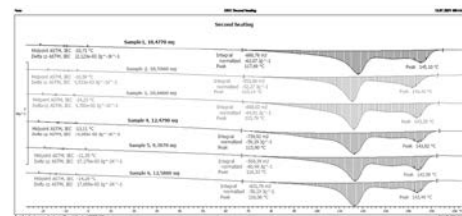


Figure 5: DSC thermograms of second heating

DISCUSSION/CONCLUSION

The present study dealt with the preparation of six PE-PP blends modified with three different modifiers. The blends were pressed into films which were tested for their chemical structure, mechanical, peel and thermal properties. As the amount of modifier increased, the toughness of the samples decreased. The highest stiffness of the films was observed in the sample containing 10 wt.% Queo 0201 (sample 3). As for the peel properties, the average peel forces do not reflect the actual condition since no differences were found between the films in this respect. However, the samples modified with Queo 0201 (sample 3 and sample 4) showed desirable peel effects, as the films did not damage the nonwoven PP during peeling. Based on the infrared spectra of the samples, no differences were observed between the films in terms of chemical structure. The use of DSC and TGA to determine thermal properties, including thermal transitions, decomposition temperature, and decompositions, resulted in determination of only minimal differences between the samples. Considering the above aspects, especially stiffness and peel properties, samples 3 and 4 modified with Queo 0201 performed the best. It can be concluded that Queo 0201 is the most suitable of the modifiers tested for PE-PP blends for packaging applications where peel properties are important.

ACKNOWLEDGEMENT

Special thanks goes to the company Sankom Plus d.o.o. for their cooperation and help in the acuriment of equipement for coextrusion of multilayer films.

REFERENCES

- D. (2015) 'New study helps improve Peelable Seal in Film Packaging', Plastics Engineering. Available at: http://read.nxtbook.com/wiley/plasticsengineering/novemberdecember2015/technicalpaper_newstudyhelps.html.
- SP Group (2021) How Often have You Struggled to Peel Back the Film on a Tray, or Found It Tears and Breaks on Opening? Available at: <https://www.spg-pack.com/blog/en/packaging-seals-a-key-factor-for-long-shelf-life-and-product-preservation/>.
- Stable Micro Systems Ltd. (2021) 'Packaging: How to Measure the Physical Properties', pp. 1-10. Available at: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=20072>.

Izr. prof. dr. Miroslav Huskić

Prodekan za znanstveno-raziskovalno delo



s področja polimerne inženirstva, funkcionalnih polimernih materialov, itd., drugače pa je vaša primarno področje ravno znanstveno-raziskovalno delo. S čim se ukvarjate v svojem raziskovalnem delu?

Že kar nekaj let se ukvarjam predvsem s pripravo in karakterizacijo polimernih nanokompozitov. Začel sem s pripravo nanokompozitov z delci glin, oziroma minerala montmorilonita (MMT). S tega področja sem objavil tudi svoja dva največkrat citirana članka. Pri pripravi teh nanokompozitov običajno uporabljamo modificiran MMT, kar je energijsko potratno in drago. Zato sem se spravljal razviti sintezo v eni stopnji, kjer istočasno modificiramo MMT in sintetiziramo polimer. Seveda je ta tehnika primerna le za reakcije, ki potekajo v vodi, ali mešanici vode in alkohola. Uspešno sem pripravil nanokompozite iz PMMA, nato pa poskusil še s fenol formaldehidnimi smolami. Tudi tu sem sicer uspel, a so bile smole, oziroma nanokompoziti mehki, bolj paste. Ugotovil sem, da MMT vpliva na reakcijo med fenolom in aldehidom, tako, da nastanejo smole z veliko dimetilen etrskih (DME) vezi med benzenovimi obroči, imajo pa tudi nekaj, bolj malo, metilolnih skupin. Zato so te smole nekako vmes med novolaki in rezoli, zaradi svoje strukture

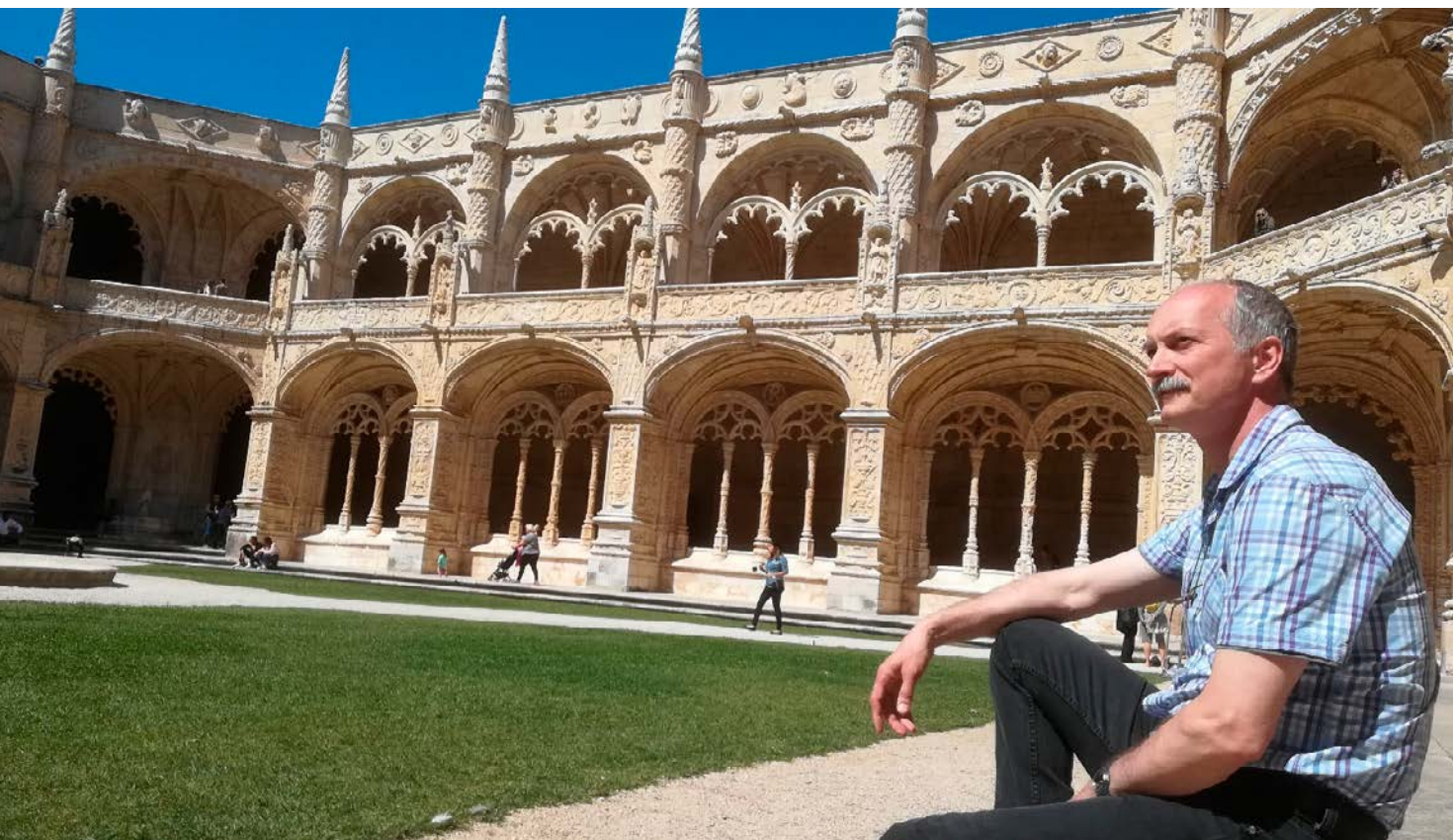
Da vas vsi bolje spoznamo. S čim se radi ukvarjate v prostem času?

Prostega časa je bolj malo, predvsem odkar sem zaposlen na FTPO. Sicer pa sem navdušen motorist. Vozim 600 ccm Hondo CBF, v glavnem bolj po Sloveniji. Šele lansko leto sem prvič šel v Dolomite, kar sem načrtoval že 16 let. Ko sem v Slovenj Gradcu pa se večkrat sprehodim na Rahtel. Pogled z gostinskega vrta na Slovenj Gradec in okolico je čudovit.

Druga stvar, ki mi veliko pomeni, so potovanja. Potovati

sem začel že v študentskih časih, ko sem si ogledal nekaj Evrope, malo Afrike in veliko, meni najljubše, Azije. Potovanje po državah, ki imajo drugo kulturo, in drugo vero človeku da širši pogled na svet. Vidiš, da so ljudje povsod tako dobri kot slabi. Ja, parkrat so me tudi okradli na potovanju, enkrat celo na zelo lep način. Ampak, to se zgodi tudi doma. Na žalost pa je, zaradi Covida, zadnji dve leti potovanj bolj malo, so bolj kratka in v bližini.

Večina študentov FTPO vas pozna predvsem kot profesorja



pa imajo temperaturo steklastega prehoda pri sobni temperaturi ali nižje. Zato so smole viskozne tekočine, kar jim daje nekatere zanimive možnosti uporabe. Na to temo smo imeli dve diplomski nalogi, trenutno pa poteka ena magistrska. Drugi del mojega raziskovalnega dela je torej sinteza polimerov.

V zadnjem času sem delal bolj na nanokompozitih iz ogljikovih nanodelcev, ogljikovih nanocerk (CNT) in grafen oksida (GO). Na tem področju sem sodeloval s Fakulteto za strojništvo iz Ljubljane in Institutom Jožef Stefan. Tu smo z uporabo jedkanja s plazmo in elektronsko mikroskopijo (SEM) dokazali obstoj mrežaste nanostrukture CNT v polietilenu in mehanizem njenega formiranja. Isto tehniko smo uporabili

tudi za določevanje strukture kompozitov z GO.

Trenutno delam na dveh projektih, in sicer Mapgears in Cosima. Pri Mapgearsu razvijamo materiale za plastične zobnike, ki morajo imeti tako dobre mehanske kot drsne lastnosti. V ta namen smo pripravili različne kompozite z bazaltnimi in steklenimi vlakni ter mineralnimi polnili ter teflonom. Pri projektu Cosima pa poskušamo povezati simulacije brizganja s stroji in orodji, s čimer bi optimizirali proces brizganja. V okviru tega smo na FTPO izvedli brizganje različnih polimerov pod različnimi pogoji ter določevali njihove lastnosti. V okviru projekta smo razvili metodo za določevanje zaostalih napetosti v materialu po brizganju.

Ste doktor kemijskih znanosti. V čem vidite največji čar znanstveno-raziskovalnega dela na tem področju?

Čar znanstveno-raziskovalnega dela (ZRD) je predvsem njegova nepredvidljivost. V veliki meri je kot loterija. Ideja, priprava projekta in samo delo je nakup srečke, rezultat pa je lahko slab, dober ali odličen. Nekoč sem delal na 3-letnem projektu, kjer sem v parih mesecih naredil to, kar se je pričakovalo, drugič sem zapravil dve leti in bil brez rezultatov. Tisto, kar je najbolj zanimivo, pa so stranpoti, na katere te zapelje samo delo. Lep primer so raziskave vpliva MMT na reakcijo fenola in formaldehida. To je bil zelo dober stranski produkt dela na nanokompozitih. ZRD pa mi omogoča tudi stalno nadgraje-

vanje znanja, izmenjavo idej in predvsem spoznavanje novih ljudi in krajev.

Na kateri dosežek v vašem življenju ste še posebej ponosni?

Strokovno ali osebno? Strokovno sem zelo ponosen, na svojo kariero in, da sem postal profesor. Iskreno rečeno, kot srednješolec in študent sem bil štipendist podjetja Sava iz Kranja in svojo svetlo prihodnost sem videl v črni gumi. Po dokončanem študiju sem se odločil, da vrnem štipendijo in nadaljujem šolanje, kar me je pripeljalo na FTPO. No, to se sliši zelo pogumno, ampak takrat smo imeli veliko inflacijo in vračanje 8-letne štipendije ni bil kak velik finančni zalogaj.

Kar se tiče osebnih dosežkov, pa sta tu dva. Prvi je, da sem se pri 18 letih odločil in odselil od staršev ter se preživil s štipendijo in delom preko študentskega servisa. Glede na potovanja, ki sem jih omenjal na začetku, je verjetno jasno, da nisem bil ravno najboljši študent. Drugi pa je, da sem uspel otrokom privzgojiti odprtost in širok pogled. Tudi njiju, tako kot mene, ne zanima ali je človek bel ali temen, kakšne vere je, s kom hodi v posteljo, ampak predvsem, kakšen človek je.

Leta 2009, ko ste bili izvoljeni v naziv docent, ste se odločili tudi za pedagoški poklic. V vaših letih poučevanja ste se najverjetneje srečali z različnimi vrstami študentov, saj je vsaka generacija razred zase. V čem se po vašem mnenju

študenti danes razlikujejo od študentov v času vašega študija in pa seveda tudi sam študij?

S poučevanjem sem se srečal že na magisteriju in doktorskem študiju, ko sem delal kot asistent na Fakulteti za kemijo in kemijsko tehnologijo v Ljubljani. Že takrat sem opazil, da se generacije med seboj zelo razlikujejo. Če sta bila med njimi dva bolj glasna in razgrajača, je bil cel letnik bolj »živahen«. Mislim, da se to ni spremenilo, čeprav je na FTPO to, zaradi manjših skupin, malo težje ugotoviti.

Študij se je od tistih časov zelo spremenil. Mi smo si delali zapiske in se po njih učili, danes komajda opazim koga, da si kaj zapiše. Na žalost so postali izročki glavno študijsko gradivo. Zato imamo paradoks. Če želimo, da študentje čim več znajo, napišemo veliko v izročke. Zato potem včasih izgleda, kot da beremo iz prezentacije. Pri funkcionalnih polimernih sem problem rešil tako, da je na voljo moja skripta, zato izročkov ne dajem več.

Z Bolonjsko reformo smo dobili tudi obvezno prisotnost na predavanjih, čemur nisem bil nikoli naklonjen. Fakulteta je na ta način postala kot srednja šola.

Sodelovali ste pri številnih projektih. Kateri vam je najbolj ostal v spominu?

Pred leti sem sodeloval v večjem industrijskem projektu, kjer je bila moja naloga bolj »industrijsko vohunstvo«. Dobil sem kup vzorcev, ki sem jih moral kemijsko analizirati. V bistvu nič posebnega, mi je pa kolega, kakih 10 let po tem rekel: »Ali veš,

da tisto tvoje poročilo v podjetju še vedno uporabljajo za analizo materialov?« Prijeten občutek, ko vidiš, da si naredil nekaj zelo koristnega.

Sodelavci vas poznajo po tem, da ste strasten motorist, popotnik, ljubitelj kave, dobre hrane in craft piva. Smo še na kaj pozabili?

Ja, še vedno mi zaigra srce, ko vidim padalca v zraku.

S ponosom sledimo in objavljamo karierne zgodbe naših diplomantov FTPO, ki so si med seboj zelo različne in vse po sebi izjemno zanimive. Tekoče zgodbe objavljamo na naši spletni strani pod novo rubriko Karierne zgodbe diplomantov FTPO:

<https://www.ftpo.eu/Aktualno/Karierne-zgodbe-diplomantov-FTPO>.

Karierna zgodba diplomanta FTPO - TIMEJA VENGUŠTA



»Srednješolske dni sem preživel na Gimnaziji Lava v Celju, prihajam pa iz okolice Vojnika. Za vpis na FTPO sem se odločil zaradi dejstev, ki so mi jih našli predhodniki o tem kako praktično je študij naravnan in zaradi mojega zanimanja za kemijo in fiziko. Veliko je bilo tudi govora o tesnem sodelovanju fakultete z industrijo in o visoki zaposljivosti diplomantov. Kasneje sem se lahko o tem prepričal tudi sam. Že ob pogledu na predmetnik vsakemu kaj hitro postane jasno, da je program zelo praktično naravnan. Vso znanje pridobljeno med predavanji je zelo dobro utrjeno s praktičnimi laboratorijskimi vajami. Glavna prednost fakultete je ravno majhnost po številu študentov ter s tem toliko bolj kakovosten pedagoški proces prenosa znanja s strani strokovnjakov iz industrije in profesorjev iz Ljubljanske oziroma Mariborske fakultete na študente.

Študentsko življenje v Slovenj Gradcu se ne more primerjati z Ljubljano ali Mariborom, vendar se aktiven Študentski svet FTPO in fakulteta izjemno trudita študentom ponuditi veliko

obštudijskih dejavnosti, kot so druženja ob piknikih, razne športne aktivnosti ter predavanja, ki bi študente utegnili privabiti k poslušanju in dodatnemu izpopolnjevanju.

Ob študiju sem si ob prostih mesecih vedno uspel poiskati študentsko delo znotraj podjetij, ki so predstavljala potencial za kasnejšega delodajalca. Ob tem se na fakulteti neprestano trudijo, da bi vsem zagotovili delo ob študiju in seveda najpomembneje, ob koncu. Aktivno se vključijo v iskanje primerne delovnega mesta za vsakega študenta. Nič drugače ni bilo pri meni, kjer sem prav tako navezal stik z večimi delodajalci, ki imajo različne potrebe in s katerimi je potrebno najti le skupen jezik. Na FTPO se prav tako trudijo, da svoje študente čimprej aktivno vključijo v kakšen projekt, ki se odvija na fakulteti. Tako sem bil tudi jaz vključen v projekt Cel krog in sicer v sklopu diplomske naloge.

Mednarodne izmenjave se med študijem sicer nisem udeležil in mi zato ostaja grenak priokus, saj bi to bila ena ogromna izkušnja, kjer bi zagotovo pridobil novo znanje, poznanstva in potrditev v mednarodnem okolju.

Moja karierna pot se je začela kazati že v 3. letniku. Pri iskanju podjetij za obvezno praktično usposabljanje prejel dopis o iskanju kadrov v podjetju Odelo Slovenija d.o.o. Na njihov dopis sem se odzval z željo po opravljanju obveznega praktičnega usposabljanja. Po nekaj mesečnem študentskem delu sem prejel tudi pogodbo o zaposlitvi.

To podjetje se mi je zdelo dobra odskočna deska za pridobitev izkušenj z uporabo moderne tehnologije. Le teden dni po zagovoru diplomske naloge sem prejel pogodbo o zaposlitvi, tako da si lahko predstavljate, kako se mi je takrat mudilo s pripravo zagovora.

Trenutno sem zaposlen kot procesni inženir na oddelku brizganja plastike v podjetju Odelo Slovenija d.o.o.. Za nove projekte izvajam pregled in prevzem orodij za brizganje plastike pri dobaviteljih ter upeljevanje le teh v serijsko proizvodnjo. Pri tem je zelo pomembno, da poskrbimo, da so orodja, ki prihajajo v podjetje izdelana po vseh specifikacijah podjetja ter so tako pripravljena za uporabo na strojih. Moj delovni dosežek, ki bi ga izpostavil je uspešno predan projekt v serijsko proizvodnjo za naročnika BMW. Ob pogledu na zadnje luči modela serije 5 2020 lahko z gotovostjo trdim, da sem tudi jaz pristavil svoj delček v mozaik.

V bližnji prihodnosti se ob vseh pridobljenih izkušnjah in znanju vidim na bolj odgovornem položaju ter da bi lahko obenem svoje znanje delil z drugimi. Hkrati imam željo po vpisu na program druge stopnje Tehnologija polimerov, saj bi se mi s tem odprle dodatne možnosti za lasten razvoj.

Po študiju sem seveda nekoliko izgubil stik z zaposlenimi na fakulteti. V kolikor bi v trenutnem podjetju bila opcija tesnejšega sodelovanja s fakulteto bi to seveda brez pomisleka tudi storil. Drugače pa redno spremljam aktivnosti in dogodke, ki se

odvijajo na fakulteti in se jih tudi udeležim, če mi čas dopušča.

V prostem času se najraje družim s prijatelji ob dobri hrani ter pijači. Zelo rad odigram igro košarke. Od vsega vrveža pa se spočijem z obiskom gora.«

Timej Vengušt

ŠTUDIJSKA DEJAVNOST

Čestitke novim diplomantom FTPO

20., 21. in 28. septembra 2021, je svoj zagovor diplomskega/magistrskega dela uspešno opravilo kar 17 študentov FTPO. Zagovori so potekali v sejni sobi v 2. nadstropju fakultete in v predavalnici 1 v 3. nadstropju fakultete, saj so mentorji nekaterih diplomantov pri zagovoru sodelovali na daljavo. Z odliko je svoj zagovor opravilo kar 7 diplomantov.

Iskrene čestitke ter obilo uspehov na njihovi poti želimo vsem novepečenim diplomantom FTPO:

Uspešen zagovor diplomskega dela študenta Mihe Plesnika

Pred tričlansko komisijo, pod vodstvom izr. prof. dr. Irene Pulko, mentorja izr. prof. dr. Miroslava Huskića in somentorice viš. znan. sod. dr. Polone Umek, je Miha Plesnik 20. septembra 2021 opravil zagovor diplomskega dela z naslovom »Analiza profesionalnih polimernih premazov za smuči«.

POVZETEK:

V diplomski nalogi smo si zadali nalogo, da analiziramo profesionalne polimerne premaze za smuči. Ker je v Sloveniji alpsko smučanje ena izmed glavnih športnih panog, smo se odločili, da z diplomskim delom naredimo analizo premazov, ki bo lahko v prihodnje služila kot osnova pri iskanju alternative obstoječim premazom za smuči. Analizirali smo devet vzorcev, od tega dva v obliki parafinskega voska, štiri v obliki prahu in tri v obliki spreja. Posamezne vzorce smo testirali z infrardečo spektroskopijo (FTIR), s katero smo določili kemijsko sestavo ter termične lastnosti z diferenčno dinamično analizo (DSC) in termogravimetrično analizo (TGA). Vzorcem smuči z različnimi nanosi premazov smo karakterizirali površino z vrstičnim elektronskim mikroskopom (SEM), z merjenjem površinske napetosti pa učinek premazov na hidrofobnost površine drsne ploskve smučke.

Ključne besede:

Polimerni premazi, termogravimetrična analiza, diferenčna dinamična kalorimetrija, elektronska mikroskopija, površinska napetost.



Uspešen zagovor diplomskega dela študenta Jake Vaupota

Pred tričlansko komisijo, pod vodstvom pred. Maje Turičnik, mentorice doc. dr. Andrijane Sever Škapin in somentorja Gregorja Strmljana, v post. izv., je Jaka Vaupot 20. septembra 2021 opravil zagovor diplomskega dela z naslovom »Pregled in primerjava lastnosti široko uporabljenih materialov za toplotno izolacijo stavb«.

POVZETEK:

Namen diplomskega dela je določiti bistvene lastnosti izbranih toplotnoizolacijskih materialov: mineralne volne, ekspanziranega polistirena in ekstrudiranega polistirena ter jih primerjati s podatki iz literature. V prvem delu diplomskega dela smo predstavili lastnosti široko uporabljenih toplotnoizolacijskih materialov; v drugem delu pa so predstavljene metode dela, ki smo jih uporabili pri izdelavi diplomskega dela in rezultati določevanja vpijanja vode, prepustnosti vodne pare, dimenzijske stabilnosti in tlačne, upogibne ter natezne trdnosti. Rezultati so potrdili hipoteze diplomskega dela, da ima ekstrudiran polistiren najugodnejše mehanske lastnosti, mineralna volna najmanjšo difuzijsko upornost prehoda vodne pare, ekstrudiran polistiren in ekspanziran polistiren najmanjše vpijanje vode; da ima gostota ekspanziranega polistirena neposreden vpliv na tlačno trdnost in da orientacija vlaken mineralne volne vpliva na mehanske lastnosti.

Ključne besede:

Toplotnoizolacijski materiali, ekstrudiran polistiren, ekspanziran polistiren, mineralna volna, tlačna trdnost, vpojnost vode, difuzija vodne pare, gostota.



Uspešen zagovor diplomskega dela študenta Uroša Borštnarja

Pred tričlansko komisijo, pod vodstvom izr. prof. dr. Miroslava Huskića, mentorice pred. Maje Turičnik in članice izr. prof. dr. Irene Pulko, je Uroš Borštnar 20. septembra 2021 opravil zagovor diplomskega dela z naslovom »UV stabiliziranje kalcijevega karbonata za PVC okenske profile«.

POVZETEK:

Polivinilklorid (PVC) je eden izmed pogosto uporabljenih polimernih materialov zaradi nizke cene in širokega nabora aplikacij, in je najbolj pogost polimerni material pri okenskih profilih, zaradi česar mora zagotavljati dolgo življenjsko dobo. Ključni faktor za to je visoka odpornost na vremenske vplive, kot so onesnaženost okolja, temperaturna nihanja in UV žarki. Vsi ti faktorji vplivajo na hitrejšo degradacijo materiala. Ker je PVC zelo občutljiv na visoke temperature, pri njegovi predelavi uporabljajo različne dodatke. Cilj našega dela je bil površinsko modificirati kalcijev karbonat tako, da bi izboljšali UV stabilnost okenskih profilov. Za površinsko modifikacijo smo uporabili stearinsko kislino in dodatke za izboljšanje UV obstojnosti. V kalcijev karbonat smo zmešali stearinsko kislino in dodatke (Tinuvin P, Tinuvin 571, Cyasorb UV-5411, Cyasorb UV-9, ADK LA-81 in ADK CDA-1). V PVC smo dodali modificiran kalcijev karbonat in suho mešanico ekstrudirali. Končni produkt smo nato degradirali v UV komori. Ugotovili smo, da je s površinsko modifikacijo kalcijevega karbonata možno izboljšati UV stabilnost PVC okenskih profilov z vsemi uporabljenimi dodatki v primerjavi s površinsko modifikacijo s stearinsko kislino. Med procesom smo merili optične lastnosti kalcijevega karbonata, suhih mešanic in PVC okenskih profilov. V vseh primerih površinske modifikacije smo ugotovili, da dodatki poslabšajo optične lastnosti kalcijevega karbonata. Najboljše rezultate smo dosegli z dodatkom Tinuvin P. Dodatek je imel zmeren vpliv na optične lastnosti modificiranega kalcijevega karbonata in izrazilo pozitiven vpliv na potek UV degradacije. Preverili smo tudi kompatibilnost mešanic stearinskih kislin z dodatki s kalcijevim karbonatom. Ugotovili smo, da so vse testirane mešanice modificirale površino kalcijevega karbonata. Izvedli smo tudi DSC (diferenčna dinamična kalorimetrija) meritve modifi-



ranih kalcijevih karbonatov in mešanic stearinskih kislin z dodatki. Pri vzorcu z dodatkom Tinuvin P in dodatkom Cyasorb UV-5411 smo zaznali vrhove tališč obeh dodatkov in stearinske kisline, medtem ko se je pri preostalih vzorcih pojavil le en vrh tališča. Z DSC meritvami modificiranih kalcijevih karbonatov smo določili tališča uporabljenih dodatkov in vrhove izhajanja stearinske kisline s površine kalcijevega karbonata. Ker je stearinska kislina reagirala s površino kalcijevega karbonata, smo pri tej analizi lahko določili tudi tališče dodatka Cyasorb UV-9. S pomočjo TGA (termogravimetrična analiza) smo spremljali potek termične degradacije PVC okenskih profilov. Najhitrejši razpad smo ugotovili pri vzorcu z dodatkom ADK-LA81. Pri preostalih vzorcih je bil potek razpada podoben. Kot najbolj primeren dodatek za modifikacijo kalcijevega karbonata z namenom izboljšanja UV stabilnosti PVC okenskih profilov smo izbrali dodatek Tinuvin P. S tem dodatkom smo bistveno izboljšali potek UV degradacije ob manjšem vplivu na optične lastnosti kalcijevega karbonata.

Ključne besede:

Polivinilklorid (PVC), okenski profili, UV stabilnost, degradacija, optične lastnosti, ekstrudiranje, dodatki, kalcijev karbonat.

Uspešen zagovor diplomskega dela študenta Matije Ranzingerja

Pred tričlansko komisijo, pod vodstvom izr. prof. dr. Blaža Nardina, mentorja izr. prof. dr. Miroslava Huskića in somentorja dipl. Ing. dr. Christopherja Unterwegerja, je Matija Ranzinger 20. septembra 2021 opravil zagovor diplomskega dela z naslovom »Electrically conductive polymer bio-composites«.

SUMMARY

Plastics are widely used as insulating materials. Electrical conductive polymer composites have wide technological applications, such as fuel cells, electrochemical catalysts, neural probes, static charge dissipating materials, various detecting sensors, etc. [1]. Compared to other conductive materials, such as metals, plastics can be shaped into complex shapes with ease using conventional shaping processing techniques, as well as additive manufacturing techniques. The inclusion of a biologically based conductive filler into biologically based polymer materials can provide a sustainable alternative to current printed circuit boards (PCBs), for example, thus helping in electronic waste management [2]. In the current bachelor's thesis, we prepared and characterized electrically conductive polymer bio-composites from PHBV (polyhydroxybutyrate-valerate) and PP (polypropylene) in combination with carbonized Tencel fibres and carbonized wood particles. The main focus of the research was to determine the influence of fibre length and filler size, as well as the influence of carbonization temperatures and loading of fibres and fillers on electrical and mechanical properties of PHBV and PP bio-composites. Electrical conductivity was measured both parallel and perpendicular to injection flow. Higher electrical conductivity was obtained when measurements were carried out parallel to injection flow. In general, electrical conductivity, impact strength, and HDT were higher in composites with fibres and fillers carbonized at higher temperatures. Increasing the load of carbonized cellulose fibres from 5 vol% to 20 vol% exponentially increases electrical conductivity. Increasing the load of carbonized wood particles from 5 vol% to 15 vol% only linearly increases electrical conductivity.



...vity. Tensile modulus, flexural modulus, impact strength, and HDT increased with increasing fibre and filler load up to a certain point. Both injection moulding and compression moulding / hot pressing were used to prepare test specimens for electrical conductivity measurements. Parallel measured specimens exhibited superior electrical conductivity over perpendicular measured specimens. Compression moulded specimens were less electrically conductive due to unoriented and widely distributed fibres but their electrical conductivity was unaffected by the direction of measuring. Injection moulded specimens showed anisotropic electrical properties while compression moulded specimens showed isotropic electrical properties. Additionally, composites were recycled and measured for their electrical conductivity, tensile modulus, flexural modulus, and HDT which decreased after one recycling step due to fibre breakage and thermal degradation.

Key words:

Electrical conductivity, polymer bio-composites, PHBV, PP, carbonized fibres.

Uspešen zagovor diplomskega dela študenta Matica Premužiča

Pred tričlansko komisijo, pod vodstvomizr. prof. dr. Miroslava Huskić, mentorjaizr. prof. dr. Blaža Nardina in somentorjaasist. Janeza Slapnika, je Matic Premužič 20. septembra 2021 opravil zagovor diplomskega dela z naslovom »Karakterizacija in razvoj PA6 prahu za rotoliv«.



Uspešen zagovor diplomskega dela študenta Florijana Erhatiča

Pred tričlansko komisijo, pod vodstvom predse-dnice doc. dr. Andrijane Sever Škapin, mentoriceizr. prof. dr. Irene Pulko in somentorice pred. Maje Turičnik, je Florijan Erhatič 20. septembra 2021 opravil zagovor diplomskega dela z naslovom »Funkcionalizacija celuloze s silani«.

POVZETEK

Pri iskanju izboljšanja lastnosti polimernih matric se vse bolj obračamo k naravnim vlaknom in v luči napredka iščemo načine, da izboljšamo lastnosti naravnih vlaken. Eno izmed najbolj razširjenih naravnih vlaken je celuloza. Da bi izboljšali lastnosti celuloznih vlaken, smo funkcionalizirali celulozna vlakna s silani. Pri tem smo primerjali tri vrste silanovih reagentov in dva različna pogoja sinteze (pH in koncentracija silana). Trije silanovi reagenti, ki smo jih uporabili, so bili 3-aminopropiltrietskisilan (AMEO), N – 2 – aminoetil – 3 – aminopropiltrimetoksisilan (DAMO) in 3 – glicidiloksiopropiltrimetoksisilan (GLYMO). Pogoja sinteze, ki smo ju spreminjali, sta bila pH sinteze (3–4 pH in 6 pH)



in koncentracija silana (5 % in 10 %). Tako smo v različnih pogojih in z različnimi silanovimi reagenti pripravili 12 vzorcev ter eno referenco naših nemodificiranih celuloznih vlaken (Iyocell). Pripravljene vzorce smo analizirali z metodama infrardeče spektroskopije s Fourierjevo transformacijo (FTIR) in termogravimetrično analizo (TGA). Po pregledu in karakterizaciji dobljenih rezultatov smo ugotovili, da smo imeli pri nižji koncentraciji silanovih reagentov boljše rezultate kot pri višji koncentraciji silanovih reagentov. Pri spreminjanju pogoja pH-ja

smo ugotovili, da je pri reagentu AMEO boljši nižji pH, pri višjem pH-ju pa sta se boljše odrezala reagenta DAMO in GLYMO. Pri tem smo delno ovrgli in delno potrdili hipotezo, saj smo predvidevali, da bo funkcionalizacija celuloznih vlaken najbolj uspela pri višji koncentraciji silana in nižjem pH-ju.

Ključne besede:

Celuloza, funkcionalizacija, silan, pogoji, koncentracija.

Uspešen zagovor diplomskega dela študentke Barbare Merkač

Pred tričlansko komisijo, pod vodstvom predsednice izr. prof. dr. Irene Pulko, mentorja izr. prof. dr. Mirosława Huskića in somentorja izr. prof. dr. Blaža Nardina, je Barbara Merkač 21. septembra 2021 opravila zagovor diplomskega dela z naslovom »Sinteza fenolformaldehidne novolake smole z natrijevim in kalcijevim montmorilonitom kot katalizatorjem«.

POVZETEK

V diplomskem delu smo preučevali, kateri katalizator, natrijev ali kalcijev montmorilonit, ima boljši katalitični učinek pri sintezi fenol-formaldehidne smole. Rezultate vseh izmerjenih vzorcev smo primerjali med seboj in ugotovili, da ima NaMMT veliko boljši katalitični učinek kot CaMMT. Pri NaMMT smo dosegli višjo konverzijo, ki je po 72 urah dosegla 100 %, medtem ko je bila pri CaMMT konverzija nekoliko nižja, tj. do 50 %. Ugotovili smo, da se toplotna stabilnost nad 200 °C zmanjšuje s povečanjem vsebnosti MMT v reakcijski zmesi. Struktura smole je bila drugačna kot smo pričakovali, saj je vsebovala več metilen etrskih in metilolnih vezi. Fenol formaldehidno novolake smo sintetizirali z različnimi koncentracijami natrijevega in kalcijevega montmorilonita (5 %, 10 % in 15 %) ter z različnimi časi sinteze (24 h, 48 h in 72 h). Skupaj smo sintetizirali 20 vzorcev. Za vse reakcije smo določili pH reakcijskega medija in izkoristek reakcije. Sintetiziranim smolam smo določili termične lastnosti z diferenčno dinamično kalori-



metrijo (DSC) in termogravimetrično analizo (TGA), medtem ko smo kemijsko strukturo določevali z infrardečo spektroskopijo s Fourierjevo transformacijo (FTIR) in jedrsko magnetno resonanco (NMR).

Ključne besede:

Fenol-formaldehidne smole, rezoli, novolaki, montmorilonit, kalcijev montmorilonit, natrijev montmorilonit.

Uspešen zagovor diplomskega dela študenta Jureta Vrbnjaka

Pred tričlansko komisijo, pod vodstvom predsednice pred. Maje Turičnik, mentorja izr. prof. dr. Miroslava Huskića in somentorice asist. Rebeke Lorber, je Jure Vrbnjak 21. septembra 2021 opravil zagovor diplomskega dela z naslovom »Mehanska reciklaža PA66, ojačenega z ogljikovimi in mletimi ogljikovimi vlakni«.

POVZETEK

Polimerni materiali v zadnjih desetletjih vzbujajo vse več zanimanja, saj so alternativa za tradicionalne materiale, kot so kovina, les, glina ter ostali. Razlogi za to so enostavna predelava, solidne mehanske lastnosti, nizka gostota, odpornost na atmosferske vplive in kemikalije ter relativno nizka cena proizvodnje in materiala. Vendar se pri odpornosti na povišane temperature, toplotne in električne prevodnosti ter visoke obremenitve tehnika močno prevesi na stran tradicionalnih materialov, kjer temperature tališča presegajo tudi 300 °C. Zaradi teh razlogov so se razvili polimerni kompoziti. Pri polimernih kompozitih matrico predstavlja polimer, kot polnilo pa se uporabljajo različni materiali, kot so ogljik, steklo, saje, glina, kovinski oksidi, nanoceluloza ter ostali. Vsako polnilo ima svoj namen, to je lahko izboljšanje mehanskih lastnosti, toplotne prevodnosti ali stabilnosti, znižanje cene proizvoda, znižanje ali povečanje gostote ter posledično mase izdelka itd. Problem polimernih materialov nastane, ko izdelek odsluži svojo življenjsko dobo in postane odpad. Glavno vprašanje tukaj predstavlja, kaj narediti s tem izdelkom, saj se, zaradi vse strožjih direktiv držav sveta, ti materiali več ne smejo odlagati na odlagališča odpadkov. Tukaj je pomembno vedeti, ali je mogoče ta material ponovno uporabiti in ali ima material po ponovni uporabi enako dobre lastnosti kot sveži. Termoplastično matrico lahko enostavno zmeljemo ter mlevec predelamo in ponovno uporabimo. Pri mletju kompozitov, ki vsebujejo vlakna, nastane vprašanje, kolikšen del začetne dolžine vlakna ohranijo po mletju in ponovni predelavi ter kakšne lastnosti imajo izdelki iz kompozitov s krajšimi vlakni. Zaradi teh razlogov smo se odločili, da v diplomski nalogi raziščemo, kako mehanska reciklaža, torej mletje in ponovna predelava, vpliva na mehanske ter termične lastnosti kompozitov iz poliamida 66 (PA66), ojačenega z ogljikovimi in



mletimi ogljikovimi vlakni. Karakterizirali smo kompozita z ogljikovimi vlakni (PA66CF30) in mletimi ogljikovimi vlakni (PA66mCF30) ter čist ne ojačen PA66. Vse materiale smo najprej 5-krat mehansko reciklirali in jim izmerili termične ter mehanske lastnosti po 1., 3. in 5. reciklaži. Od mehanskih lastnosti smo izmerili upogibni in natezni modul elastičnosti, upogibno in natezno trdnost, pripadajoče raztezke in udarne žilavosti po Charpyu. Od termičnih lastnosti pa smo določili modul izgub in dinamični modul elastičnosti, toplotno prevodnost, difuzivnost ter kapacitete na enoto prostornine, temperature degradacije, tališča in kristalizacije, entalpije kristalizacije ter talilne entalpije. Rezultati mehanskih lastnosti, torej modula, elastičnosti, natezne trdnosti, upogibnega modula elastičnosti, upogibne trdnosti, udarne žilavosti so po pričakovanih padali, vrednosti raztezkov pri upogibni ter natezni trdnosti pa rasle z vsakim ciklom reciklaže. Iz rezultatov termičnih preizkusov pa lahko vidimo, da mehanska reciklaža nima vpliva na temperature prehodov. Vzroka za te rezultate sta dva, in sicer krajšanje ogljikovih vlaken ter degradacija matrice pri mehanski reciklaži.

Ključne besede:

Poliamid 66, ogljikova vlakna, mleta ogljikova vlakna, mehanska reciklaža, mehanske lastnosti, termične lastnosti.

Uspešen zagovor magistrskega dela študentke Karoline Breznik

Pred tričlansko komisijo, pod vodstvom predse-
dnice pred. Maje Turičnik, mentorice izr. prof. dr.
Irene Pulko in somentorja asist. Janeza Slapnika,
je Karolina Breznik 21. septembra 2021 opravila
zagovor magistrskega dela z naslovom »Funkciona-
lizacija celuloznih vlaken z akrilatnimi monomeri in
študij vpliva na lastnosti kompozitov, pripravljenih
s fotopolimerizacijo v kadi«.

POVZETEK

Celulozna vlakna imajo zelo dobre lastnosti, kot so
visoka specifična trdnost in togost, obnovljivost
in biorazgradljivost, zato so privlačna ojačitev za
polimerne materiale. Fotoobčutljive smole za fo-
topolimerizacijo v kadi imajo običajno nizek modul
elastičnosti in nizko trdnost, kar omejuje aplikacije
izdelkov. Za zvišanje modula elastičnosti in trdnosti
materiala lahko dodamo različna ojačitvena vlakna,
kot so celulozna. Celulozna vlakna navzemajo vlago
in nimajo dobrih interakcij z manj polarno smolo,
kar se lahko odraža v slabih mehanskih lastno-
stih pripravljenih kompozitov. S funkcionalizacijo
celuloznih vlaken lahko znižamo navzemanje vlage
in izboljšamo interakcije. V sklopu magistrskega
dela smo proučevali, kako funkcionalizacija Tencel
vlaken in celuloznih nanokristalov (CNC) vpliva na
mehanske in termične lastnosti kompozitov, pri-
pravljenih s fotopolimerizacijo v kadi. Tencel vlakna
smo funkcionalizirali z izobornil akrilatom (IBA) pri
dveh koncentracijah IBA glede na delež vlaken (10
% in 30 %). CNC smo funkcionalizirali z različnimi
akrilatnimi monomeri (akrilno kislino (AK), akrilami-
dom (AA), metil metakrilatom (MMA) in IBA) pri isti
koncentraciji. Nefunkcionalizirana in funkcionalizi-
rana Tencel vlakna in CNC smo dodali fotoobčutljivi
smoli ter pripravili testne vzorce z digitalnim pro-
cesiranjem svetlobe (ang. digital light processing
(DLP)). Vzorce smo okarakterizirali z nateznim
preizkusom, dinamično mehansko analizo (DMA)
in infrardečo spektroskopijo s Fourierjevo transfor-
macijo (FT-IR). Dodatek vseh Tencel vlaken je znižal
natezno trdnost, ampak zvišal modul akumulacije
(E') v temperaturnem območju od 40 °C–120 °C,



Dodatek CNC ni bistveno vplival na natezno trdnost
(izjema CNC funkcionalizirana z MMA), medtem ko
je znižal E' (izjema nefunkcionalizirana CNC). Nižji E'
kompozitov s funkcionaliziranimi CNC smo pripisali
nižji stopnji zamreženja polimerne matrice, kar se
je odražalo v nižjih temperaturah steklastih preho-
dov (T_g).

Ključne besede:

Kompoziti s celulozo, 3D tehnologije, funkcionaliza-
cija z akrilati, akrilatni monomeri, karakterizacija.

Uspešen zagovor diplomskega dela študentke Tine Repar

Pred tričlansko komisijo, pod vodstvom predsednika doc. dr. Dragana Kusića, mentorice izr. prof. dr. Irene Pulko in somentorice pred. Maje Turičnik, je Tina Repar 21. septembra 2021 opravila zagovor diplomskega dela z naslovom »Študij vpliva reakcijskih pogojev na modifikacijo škroba z mlečno kislino«.

POVZETEK

V diplomskem delu smo izvedli študijo vpliva reakcijskih pogojev, kot so čas reakcije, vpliv vakuumu in vpliv katalizatorja na kemijsko modifikacijo škroba z mlečno kislino. V prvem delu smo sintetizirali graft kopolimer pod različnimi pogoji (čas reakcije, z ali brez vakuma, dodatek katalizator H_2SO_4 s koncentracijo 5 mol/L ali NaOH s koncentracijo 5 mol/L). V drugem delu smo dobljenim vzorcem izračunali stopnjo graftiranja in jih analizirali s FT-IR spektroskopijo ter termogravimetrično analizo (TGA). Ugotovili smo, da spreminjanje reakcijskih pogojev vpliva na graftiranje mlečne kisline na škrob. Dokazali smo, da smo uspeli sintetizirati graftiran kopolimer škrob-g-polimlečna kislina.

Ključne besede:

Škrob, mlečna kislina, PLA, polimerizacija, graftiranje, FTIR, TGA.



Uspešen zagovor magistrskega dela študentke Tamare Rozman

Pred tričlansko komisijo, pod vodstvom predsednika izr. prof. dr. Blaža Nardina, mentorja doc. dr. Dragana Kusića in somentorja asist. Janeza Slapnika, je Tamara Rozman 21. septembra 2021 opravila zagovor magistrskega dela z naslovom »Optimizacija procesa brizganja v realnem času za izbrane izdelke s Cadmould simulacijskim programom«.

POVZETEK

V magistrskem delu smo preučevali, kako različni procesni parametri brizganja vplivajo na dimenzije in mehanske ter termične lastnosti brizganih izdelkov iz akrilonitril-butadien-stirena in poliamida 66 s 35 % steklenih vlaken. Vpliv procesnih parametrov na dimenzije izbranega izdelka smo določili z uporabo simulacijskega programa Cadmould ter z merjenjem dimenzij brizganih izdelkov z uporabo optičnega skenerja. Iz rezultatov smo ugotovili, da nismo uspeli dobiti enakih odstopanj dimenzij in vplivov parametrov na podlagi simulacij brizganja in realnega stanja. V večini primerov smo opazili vpliv naknadnega tlaka. Najmanjša odstopanja smo dobili pri višjem naknadnem tlaku, kar kaže na dobro zapolnjenost izdelkov. Vpliv procesnih parametrov na mehanske in termične lastnosti brizganih testnih epruvet smo določili z nateznim preizkusom, upogibnim preizkusom, preizkusom udarne žilavosti po Charpyju in dinamično mehansko analizo. Ugotovili smo, da gre največkrat za vpliv temperature taline ter temperature orodja. Pri ABS ima najpogostejše vpliv na preučen odziv mehanskih in termičnih lastnosti temperatura taline, medtem ko pri PA66 + 35 % GF nanje najpogostejše vpliva temperatura orodja. Naknadni tlak pri ABS vpliva na preučen odziv natezne trdnosti, upogibni E-modul ter dinamični E-modul pri 30 °C in 80 °C, pri PA66 + 35 % GF pa se njegov vpliv kaže pri zarezni udarni žilavosti in faktorju izgub.



Ključne besede:

ABS, PA66, steklena vlakna, brizganje, mehanske lastnosti.

Uspešen zagovor diplomskega dela študentke Mance Dimc

Pred tričlansko komisijo, pod vodstvom predsednice izr. prof. dr. Irene Pulko, mentorja izr. prof. dr. Miroslava Huskića in somentorja izr. prof. dr. Blaža Nardina, je Manca Dimc 21. septembra 2021 opravila zagovor diplomskega dela z naslovom »Določevanje zaostalih napetosti pri brizganju ABS«.

POVZETEK

Zaostale napetosti so napetosti v materialu ali strukturi, ki nastanejo po predelavi. Na lastnosti izdelka imajo lahko tako pozitiven kot tudi negativen vpliv. Tako si lahko s predvidenim načrtovanjem zaostalih napetosti izboljšamo želene lastnosti končnega izdelka. Raziskovali smo vpliv različnih temperatur orodja na nastanek zaostalih napetosti in kasnejšega temperiranja vzorcev na njihovo zmanjševanje pri dveh različnih ABS materialih. Vpliv smo kvantitativno lahko raziskali s pomočjo DMA analize. Ugotovili smo, da zaostale napetosti v materialu znižujemo z višanjem temperature temperiranja. Popolnoma jih sprostimo s temperaturo nad steklastim prehodom. S pomočjo DSC analize smo določili temperaturo steklastega prehoda, pri kateri smo ugotovili padanje T_g do temperature temperiranja 105° . Nato sledi preobrat pri temperaturi 135°C , kjer se T_g ponovno zviša. Vpliv zaostalih napetosti na mehanske lastnosti smo testirali s pomočjo nateznega testa. Glede na rezultate smo ugotovili različen vpliv temperature orodja glede na material. Pri terluranu smo opazili nižanje modula in natezne trdnosti z višanjem temperature orodja, medtem ko pri novoduru skorajda ne opazimo vpliva.

Ključne besede:

ABS, zaostale napetosti, natezni test, DMA, DSC.



Uspešen zagovor diplomskega dela študentke Urške Žvikart

Pred tričlansko komisijo, pod vodstvom predsednice pred. Maje Turičnik, mentorice pred. mag. Biserke Filipan Kraljić in somentorja izr. prof. dr. Blaža Nardina, je Urška Žvikart 21. septembra 2021 opravila zagovor diplomskega dela z naslovom »Kalkulacije orodij za brizganje polimernih materialov«.

POVZETEK

Diplomsko delo predstavlja kalkulacije orodij za brizganje polimernih materialov. Prvotno so predstavljeni teorija stroškov, različni vidiki stroškov, ki so pomembni za razumevanje kalkulacij. Predstavljene so tudi različne metode kalkulacij, ki podjetjem omogočajo lažje načrtovanje in obvladovanje stroškov. Kalkulacija orodij za brizganje polimernih materialov je razdeljena na posredne in neposredne stroške za orodja oz. posamezne dele orodij, gnezda, ogrodja, funkcionalne enote in posebne sisteme. Na koncu je ocena poslovnega izida in pokazatelj uspešnosti poslovanja proizvodnje za brizganje plastike iz podjetja, ki se ukvarja s proizvodnjo orodij.

Ključne besede:

Stroški, kalkulacije, cene, orodje, brizganje plastike.



Uspešen zagovor magistrskega dela študenta Urbana Antona Penka Natlačna

Pred tričlansko komisijo, pod vodstvom predse-
dnice izr. prof. dr. Irene Pulko, mentorja izr. prof.
dr. Miroslava Huskića in somentorja asist. Janeza
Slapnika, je Urban Anton Penko Natlačen 28. sep-
tembra 2021 opravil zagovor magistrskega dela z
naslovom »Priprava fotoobčutljivih smol z grafen
oksidom za 3D tisk«.

POVZETEK

V magistrskem delu smo preučevali dodatek grafen oksida (GO) in GO modificiranega z dodecilaminom (GODA) na lastnosti preizkušancev, pripravljenih s 3D-tiskom. Najprej smo izvedli sintezo GO nano-
polnila z modificirano metodo Hummers in nato še modifikacijo z dodecilaminom. Obe polnili smo pri različnih koncentracijah dodajali v smolo na akrilatni osnovi, ki smo jo nato fotopolimerizirali z digitalnim svetlobnim procesiranjem (ang. digital light processing (DLP)) in jih dodatno zamrežili v fotopolimerizacijski komori. Proučevali smo tudi vpliv časa dodatnega zamreževanja na lastnosti preizkušancev. Mehanske in termične lastnosti vzorcev smo okarakterizirali z nateznim preizkusom in dinamično mehansko analizo (ang. dynamic mechanical analysis (DMA)). Naredili smo tudi test površinske električne upornosti. Z infrardečo spektroskopijo s Fourierjevo transformacijo (ang. Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR)) smo določili stopnjo pretvorbe dvojnih vezi in potrdili uspešnost modifikacije nanopolnila. Najboljše lastnosti smo opazili pri preizkušancih z 0,25 % GO polnila in časom dodatnega zamreževanja 3600 s. Krajši časi dodatnega zamreževanja in večje koncentracije polnil so negativno vplivale na mehanske in termične lastnosti preizkušancev. Prav tako smo ugotovili, da dodatek GO in GODA zaradi njune nizke koncentracije in visoke stopnje oksidacije bistveno ne vpliva na površinsko upornost preizkušancev.

Ključne besede:

Grafen oksid, dodecilamin, 3D-tisk, modificirana metoda Hummers, fotopolimerizacija, akrilatna smola.



Uspešen zagovor diplomskega dela študenta Aljaža Strmška

Pred tričlansko komisijo, pod vodstvom predsednika izr. prof. dr. Miroslava Huskića, mentorice red. prof. dr. Majde Žigon in članice pred. Maje Turičnik, je Aljaž Strmšek 28. septembra 2021 opravil zagovor diplomskega dela z naslovom »Analiza procesa vhodne kontrole materialov in karakterizacijskih metod v podjetju BSH Nazarje«.



Uspešen zagovor magistrskega dela študenta Dževada Kanurića

Pred tričlansko komisijo, pod vodstvom predse-dnika izr. prof. dr. Miroslava Huskića, mentorice red. prof. dr. Majde Žigon in somentorja viš. pred. Silvestra Bolke, je Dževad Kanurić 28. septembra 2021 opravil zagovor magistrskega dela z naslovom »Priprava in karakterizacija duroplastičnega kompozita na osnovi primarnega in odpadnega duroplasta«.

POVZETEK

Namen magistrske naloge je bil preučiti recikliranje industrijskih odpadkov iz duroplastov, natančneje Bakelita PF 2874, in ugotoviti, kakšen je vpliv dodatka različnih masnih odstotkov odpadnega Bakelita na mehanske in toplotne lastnosti kompozita na osnovi primarnega Bakelita PF 2874. Odpadni duroplast smo predelali tako, da smo vzeli odpadke, ki so nastali med brizganjem (dolivki, nezaliti kosi ...), ter jih kvalitetno zmleli in presejali, da smo dobili fin in homogen prah. Kompozite smo nato pripravili tako, da smo primarnemu materialu kot polnilo oziroma ojačevalo dodali mlet odpaden duroplast, in sicer v masnih deležih 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 30 %. Mešanice smo brizgali na brizgalnem stroju, nabrizgane vzorce pa testirali. Z meritvami smo določili mehanske (natezne in upogibne lastnosti, udarna žilavost) in toplotne lastnosti (termogravimetrična analiza, diferenčna dinamična kalorimetrija, dinamična mehanska analiza) ter določevanje sestave kompozita (infrardeča spektroskopija s Fourierjevo transformacijo). Rezultate vseh vzorcev smo primerjali z rezultati primarnega Bakelita PF 2874 in ugotovili, da smo izboljšali dinamični E modul ter natezni E modul. Upogibni E modul se je najprej zviševal do dodatka 20 % reciklata, nato se je znižal, poslabšala se je tudi udarna žilavost po Charpyju. Rezultati kažejo na to, da je primerno dodati k primarnemu Bakelitu PF 2874 največ 20 odstotkov njegovega odpadnega reciklata, saj večji deleži dodanega odpadnega reciklata bistveno poslabšajo mehanske lastnosti tega materiala, kar ni primerno za naše izdelke, saj tako ne dosegamo kriterijev kupca.



Ključne besede:

Kompozit, Bakelite PF 2874, odpadni duroplast, polnilo, recikliranje, mehanske in toplotne lastnosti.

Uspešen zagovor diplomskega dela študenta Valentina Kotnika

Pred tričlansko komisijo, pod vodstvom predsednice izr. prof. dr. Irene Pulko, mentorja izr. prof. dr. Miroslava Huskića in članice pred. Maje Turičnik, je Valentin Kotnik 28. septembra 2021 opravil zagovor diplomskega dela z naslovom »Kinetika kristalizacije polipropilena«.

POVZETEK

V okviru diplomskega dela smo testirali tri različne polipropilene. Polipropilen je termoplastični delno kristalinični polimer, ki ga dobimo z verižno polimerizacijo propilena. S pomočjo DSC smo izbrali materiale ter primerjali vrhove med segrevanjem in talilne entalpije. S pomočjo Flash DSC smo analizirali kinetiko kristalizacije pri izotermnih in dinamičnih pogojih. Ugotovili smo, da PP pri visoki hitrosti ohlajanja ne kristalizira, pri različnih temperaturah ohlajanja pa se lahko tvorijo različni kristali in število nukleacijskih jeder. Treba je tudi omeniti, da je pomembno, katero temperaturo kristalizacije uporabimo. Pri dinamični analizi je ohlajanje z visokimi hitrostmi nesmiselno, saj materiali nimajo dovolj časa za kristalizacijo. Avramijeva konstanta n se giblje med 2 in 4, iz česar lahko sklepamo, da so kristali rastle v obliki diskov in sferulitov.

Ključne besede:

DSC, Flash DSC, kristalizacija, polipropilen, ultra hitro ohlajanje.

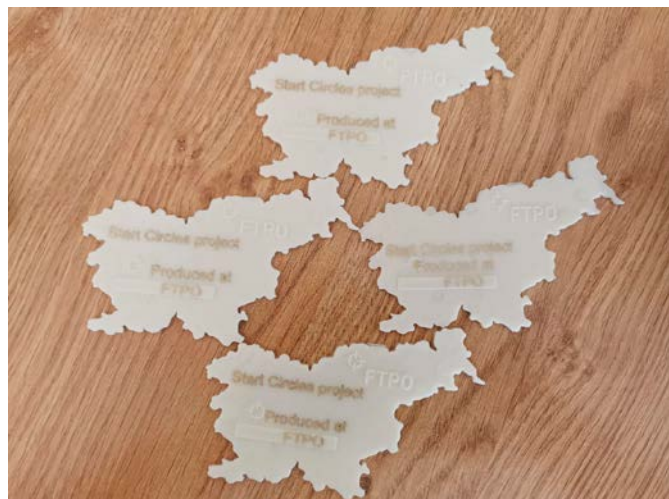


R&R DEJAVNOST

Start Circles



FTPO v okviru projekta vodi R&R aktivnosti na kar 9 projektih s podjetji, pri 2 pa sodeluje s partnerjem iz Avstrije Wood Ka Plus. V tem obdobju smo nadaljevali s koordiniranjem in izvajanjem dela na pilotnih projektih.



Nabrizgan prototip iz zmletega lateks odpada s PBAT matrico za avstrijsko podjetje elky Matratzenerzeugungs-GmbH

Predstojnik Centra za sodelovanje z gospodarstvom Silvester Bolka je izvajal nadaljnje R&R aktivnosti na projektih s podjetji Hrastplast (pregled izvedenih testov z vzorčnimi kosi oprimkov za plezalne stene skupaj s predstavniki podjetja Hrastplast in vodjo projekta Majo Mešl), Azurefilm (testiranje temperaturne odpornosti kolotov z navitimi filamenti za 3D tisk), Limnos (priprava mikrogranulata za izvedbo testiranja z roto postopkom v podjetju Roto in izdelavo prototipa iz rPP+15% odpadnega papirja), Maar (organizacija materiala in izvedba ekstruzije z biorazgradljivima izvedbama v podjetju Maar), Sibo Group (priprava testnih vzorcev s stiskanjem iz različnih polietilenov, mešanic PE-HD in EVA in karakterizacija mehanskih lastnos-

ti, priprava mešanic PE-HD in PE-LLD in izvedba brizganja prototipov v podjetju SIBO) in Elky (kompavndiranje zmletega lateks odpada s PBAT matrico in brizganje prototipov, laboratorijska karakterizacija kompozita).

Poleg tega smo pripravili načrt delavnic namenjenim za mala in srednje velika podjetja (MSP) in sicer na naslednje teme:

- Zaščita intelektualne lastnine
- LCA analize
- Biokompoziti
- Testiranje biorazgradljivosti in kompostabilnosti
- Zeleni marketing
- Možni viri financiranja za podjetja za projekte s področja krožnega gospodarstva
- Trajnostni poslovni modeli - primer orodja CBMC
- Predstavitev novosti na področju zakonodaje

Dve delavnici sta že bili izvedeni v mesecu juniju (»Spletna predstavitev osnutka Uredbe o zmanjšanju vpliva nekaterih plastičnih proizvodov na okolje« ter »Sodelovanje brez zapletov Zaščita intelektualne lastnine«), ostale pa bodo organizirane v oktobru in novembru.

Sara Jeseničnik

Projekt CoSiMa



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA IZOBRAŽEVANJE,
ZNANOST IN ŠPORT



EVROPSKA UNIJA
EVROPSKI SKLAD ZA
REGIONALNI RAZVOJ
NALOŽBA V VAŠO PRIHODNOST



Naložbo sofinancirata Republika Slovenija in Evropska unija iz Evropskega sklada za regionalni razvoj.

Od projektne partnerja Kolektor Orodjarna smo prejeli rezultate simulacij brizganja za izdelek pokrov spodnji.

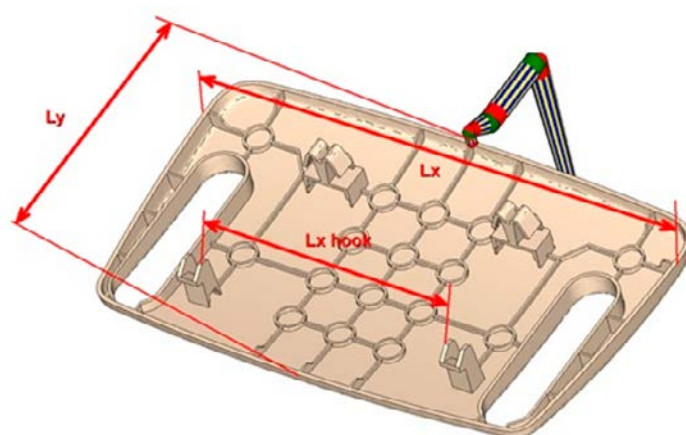
Simulacija brizganja je bila opravljena za material Terluran GP-35 in Durethan AKV35H2.0. Iz rezultatov smo zbrali dejanske vrednosti dimenzij LX in LY (enake kot so bile pri 3D skeniranju) ter izračunali odstopanje od nominalne vrednosti. Za odstopanja smo tako v okviru projekta s pomočjo programske opreme Minitab izvedli statistično analizo variance.

Ta nam je podala rezultate o vplivu posameznega parametra na odstopanje. V mesecu septembru so bili uspešno izvedeni zagovori dveh diplomskih del in enega magistrskega dela, katerih eksperimentalno delo je bilo izvedeno v okviru projekta CoSiMa.

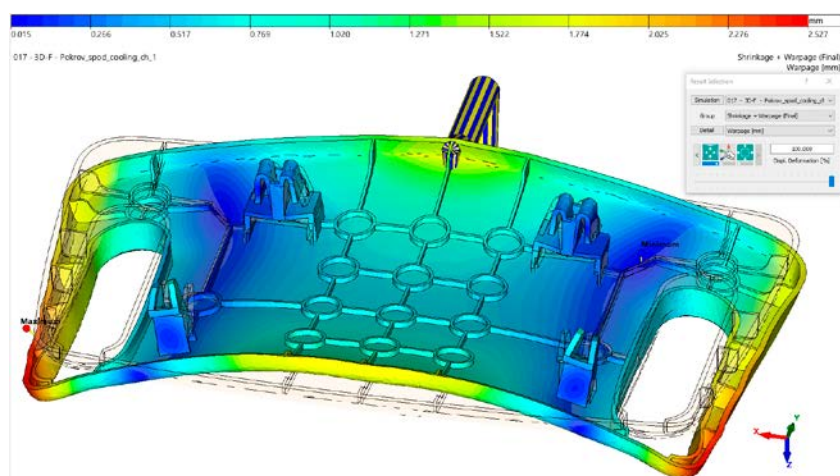
Tamara Rozman



Primer izdelka – pokrov spodnji



Model izdelka z označenimi dimenzijami LX in LY



PA66 GF35 izdelek z največjim odstopanjem od nominalne vrednosti dimenzije LX

Projekt MAPgears



REPUBLIKA SLOVENIJA
**MINISTRSTVO ZA IZOBRAŽEVANJE,
ZNANOST IN ŠPORT**



EVROPSKA UNIJA
EVROPSKI SKLAD ZA
REGIONALNI RAZVOJ
NALOŽBA V VAŠO PRIHODNOST

Novo pridobljen mikroskop pride prav tudi na področju projekta MAPgears. V tem obdobju smo si v okviru projekta pobližje pogledali in primerjali površine rezkanih in brizganih zobnikov ter se poigrali z določanjem deležev vlaken in matrice na površini rezkanega vzorca iz POM-a z aramidnimi vlakni. Deleže smo primerjali z rezultati termogravimetrične analize (TGA) in ugotovili, da so zelo primerljivi.



Zob rezkanega zobnika

Intenzivno usposabljanje mednarodnih partnerjev v okviru projekta POLYFLIP



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

V mesecu septembru je na naši fakulteti potekalo 4 dnevno usposabljanje v okviru projekta Polyflip, kjer s partnerji iz 3 držav razvijamo in preizkušamo metodo obrnjene učilnice (Flipped classroom approach) za inženirske visokošolske študijske programe. Projekt se izvaja v okviru programa ERASMUS+ Strateška partnerstva. Naša fakulteta je pobudnik in vodilni partner projekta.



V okviru projekta smo že pripravili koncept ter razvili spletni program usposabljanja, ki bo kmalu na voljo za širšo javnost. V mesecu septembru 2021 pa smo uspešno izvedli še 4 dnevno intenzivno usposabljanje, katerega namen je bil visokošolske učitelje iz treh partnerskih fakultet, ki izvajajo študijske programe s področja tehnologije polimerov, oborožiti z znanji in veščinami o metodi obrnjene

učilnice, pripravi učnih poti v spletnih učilnicah, pripravi e-gradiv in drugim. Veseli smo, da se je usposabljanja udeležilo kar 16 udeležencev iz štirih držav in da smo usposabljanje lahko izvedli v živo v Slovenj Gradcu in Velenju, saj je bila to prva priložnost za srečanje v živo s projektnimi partnerji. S strani naše fakultete se je usposabljanja udeležilo 6 visokošolskih učiteljev in sodelavcev.



Usposabljanje je vodila strokovnjakinja na področju obrnjenе učilnice Lut de Jaegher iz partnerske institucije Artevelde University of Applied Sciences iz Belgije



Del usposabljanja je potekal v Velenju v Vzorčnem mestu (Pattern city)



Partnerje smo povabili na ogled mesta Slovenj Gradec



Druženje ob Velenjskem jezeru

V naslednjih mesecih bodo vključeni visokošolski učitelji in sodelavci pripravili svoje učne poti in gradiva v spletni učilnici Moodle, ki jih bomo skupaj pregledali na 4. skupnem sestanku partnerjev februarja 2022 v Belgiji. Partnerji smo na 3. skupnem sestanku partnerjev določili datum in koncept mednarodne znanstvene konference na temo »Ino-

vativne metode poučevanja v visokem šolstvu«, ki bo potekala maja 2022 na FTPO. Več o konferenci v naslednjem Novičniku.

Vse informacije v zvezi s projektom in aktivnostmi najdete na uradni spletni strani www.polyflip.eu.

Maja Mešl

Delo na projektu PolyMetal



V okviru projekta Interreg SLO-AT, prednostna os krepitev čezmejne konkurenčnosti, raziskav in inovacij razvijamo stroškovno učinkovit polimerni material kovinskega videza in otipa. Pri projektu sodelujemo pod vodstvom vodilnega partnerja Gorenje, še Polymer Competence Center Leoben, Montan Universität Leoben, Hiebler GmbH, Intralighting in Fakulteta za tehnologijo polimerov.



V poletnih mesecih smo za industrijska partnerja Intralighting in Gorenje skompavndirali izbrane mešanice z višjo vrednostjo toplotne prevodnosti, iz katerih smo potem izdelali tudi demonstratorje.

Za podjetje Intralighting smo skompavndirali mešanico iz PC (polikarbonat) z dodatkom 60 % borovega nitrida in srebrnega master batch-a. V podjetju Intralighting so nato iz izdelanega materiala nabrizgali hladilnike za LED luči in jih nato tudi testirali ter ugotovili, da izdelan material odlično služi namenu ter odvaja toploto.

Za podjetje Gorenje pa smo skompavndirali mešanico na osnovi ABS (akrilonitril butadien stiren)

z dodatkom 60 % borovega nitrida in srebrnega master batch-a. V mesecu septembru sta Silvester Bolka in Teja Pešl šla v Gorenje, kjer so nabrizgali demonstratorje – čelne plošče pralnega stroja.

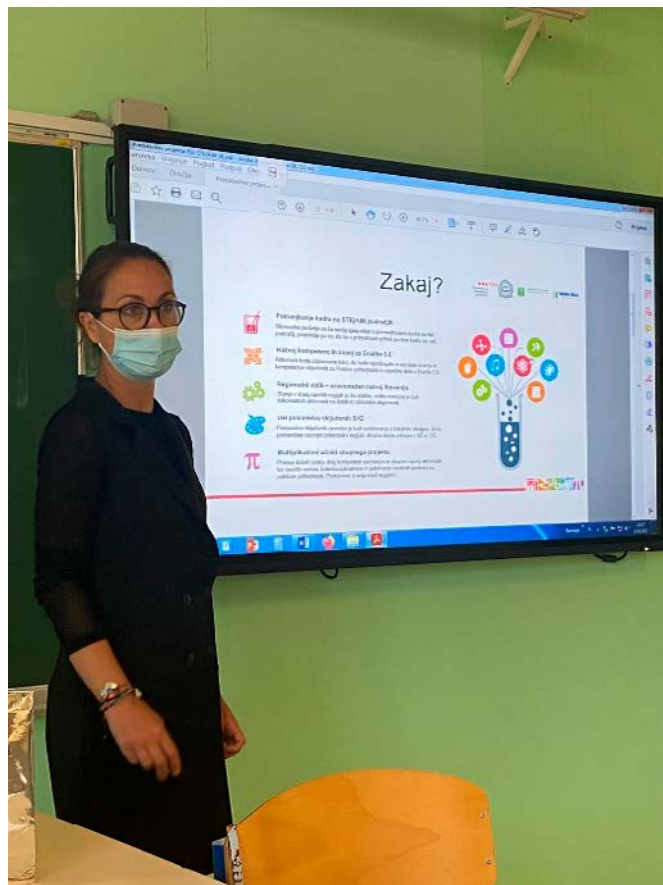
V tem obdobju je 30. septembra 2021 potekala tudi zaključna konferenca v okviru projekta PolyMetal z naslovom »Design flexibility of plastics, but look and feel like metals: PolyMetal successful crossborder cooperation«, o kateri lahko podrobneje preberete v rubriki Obiski in dogodki.

asist. Teja Pešl, viš. pred. Silvester Bolka

Prve uspešne aktivnosti in rezultati projekta Promocija študija s STE(A)M področij za poklice prihodnosti s kakovostnimi aktivnostmi in vsebinami za mlade izven javnih univerzitetnih središč



Projektni sestanek v Vipavi



Sestanek na Gimnaziji Ravne na Koroškem

V okviru projekta Promocija študija s STE(A)M področij za poklice prihodnosti s kakovostnimi aktivnostmi in vsebinami za mlade izven javnih univerzitetnih središč smo na fakulteti pričeli z izvedbo prve faze projekta, in sicer analize stanja. Izvedli smo intervjuje s tremi gimnazijami (Ravne na Koroškem, Slovenj Gradec in Lava Celje). Sestali smo se s kolektivom učiteljev naravoslovnih projektov in se seznanili z vsemi aktivnostmi, ki jih izvajajo v okviru obveznih, izbirnih vsebin in obštudijskih dejavnosti ter o njihovih potrebah po novih gradivih, orodjih, usposabljanjih in željah glede povezovanja z zunanjimi strokovnjaki. Med drugim smo ugotovi-

lili, da obstajajo velike razlike med posameznimi šolami ter da obstaja velika potreba po dodanih aktivnostih, ki bi vzpodbujale mlade za STE(A)M področja ter poklice prihodnosti. Veseli smo bili pozitivnega odziva vključenih učiteljev, ki so izrazili interes za sodelovanje v projektu.

Dne 29. septembra smo se nato partnerji projekta sestali na delavnici, ki jo je organiziral partner Univerza v Novi Gorici, kjer smo pregledali pripravljene rezultate analiz ter določili nadaljnje korake, med drugim koncept za izvedbo natečajev ter poletnih šol in pripravo vsebin.

Maja Mešl

Objavljen poster na 7th Young Polymer Scientists Conference and Short Course

Na konferenci »7th Young Polymer Scientists Conference and Short Course«, ki je potekala preko spleta med 27. in 28. 9. 2021 je asistentka Rebeka Lorber predstavila poster z naslovom »Influence of the Injection Moulding Processing Parameters

on Properties of Gear Grade PA66 Reinforced with Glass, Carbon or Grind Carbon Fibre and Lubricated with PTFE« pripravljen v soavtorstvu asistenta Janeza Slapnika in doc. Dr. Andreasa Hausbergerja.

Rebeka Lorber

Influence of the Injection Moulding Processing Parameters on Properties of Gear Grade PA66 Reinforced with Glass, Carbon or Grind Carbon Fibre and Lubricated with PTFE

Rebeka Lorber, Janez Slapnik, Andreas Hausberger
E-mail: rebeka.lorber@ftpo.eu

Faculty of Polymer Technology, Ozare 19, 2380 Slovenj Gradec, Slovenia
Polymer Competence Center Leoben, Roseggerstrasse 12, 8700 Leoben, Austria

INTRODUCTION

The main factors in improving the performance of materials and correspondingly broadening the range of their applications, for example, replace metal with polymeric gears, are optimization of processing and material composition, for which detailed knowledge about material behaviour is fundamental. Ternary composites were processed under 8 different combinations of processing parameters, with five factors at two levels, according to the Taguchi L8 orthogonal array. Mechanical and thermal properties of samples were characterized using a tensile test, flexural test, Charpy impact test, dynamic

mechanical analysis (DMA), differential scanning calorimetry (DSC), thermogravimetric analysis (TGA), and Hot Disk method. The topological properties of samples were evaluated using surface roughness measurements. The tribological properties of samples were characterized using the Pin-on-Disc method. Additionally, failure analysis of tribologically tested specimens and counterparts was performed using optical microscopy (OM). It has been found that the variation of processing parameters had the highest impact on GF reinforced composites.

EXPERIMENTAL AND RESULTS

Table 1: Varied processing parameters of samples

Sample	Melt temperature (°C)	Tool temperature (°C)	Injection speed (mm/s)	Backpressure (bar)	Screw speed (min ⁻¹)
01	280	60	20	10	40
02	280	60	80	100	120
03	280	120	20	100	40
04	280	120	80	10	120
05	300	120	20	10	120
06	300	120	80	100	40
07	300	60	20	100	120
08	300	60	80	10	40



Figure 1: Injection moulded specimen sized according to ISO 527 (1BA) and ISO 178

Table 2: List of materials used with their basic compositions

Sample	Material	Composition
PA66GF30P	Luvocom 1/GF/30/TF/15/HS/BK	PA66, 30 wt.% GF, 15 wt.% PTFE
PA66CF30P	Luvocom 1/CF/30/TF/15	PA66, 30 wt.% CF, 15 wt.% PTFE
PA66mCF30P	Luvocom 1-50237	PA66, 30 wt.% mCF, 15 wt.% PTFE

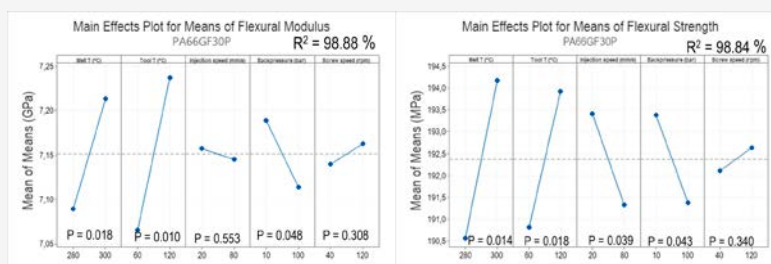


Figure 2: Plotted main effects for flexural modulus and flexural strength of PA66GF30P

RESULTS

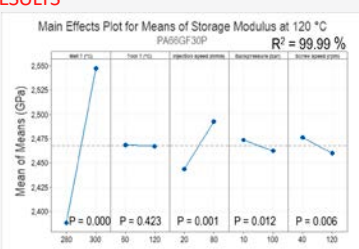


Figure 3: Plotted main effects for storage modulus at 120 °C

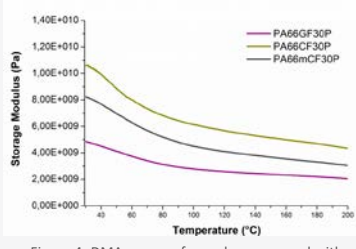


Figure 4: DMA curves of samples processed with recommended parameters

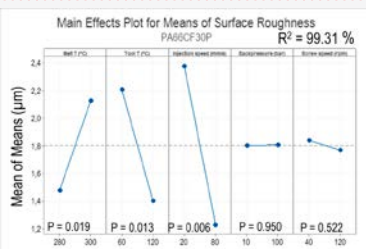
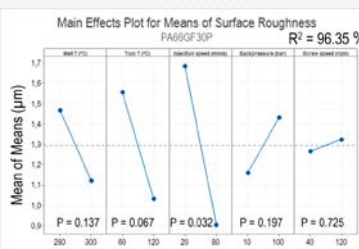


Figure 5: Plotted main effects for surface roughness of PA66GF30P (left) and PA66CF30P (right)

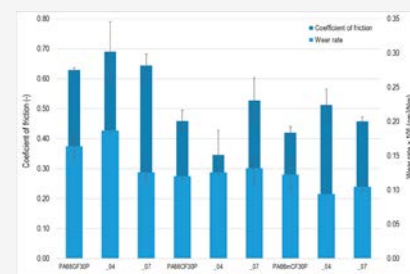


Figure 6: CoF and wear rates of selected samples (Pin-on-disc)

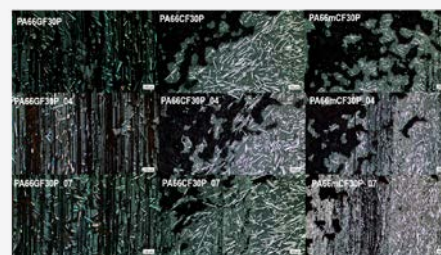


Figure 7: Failure analysis of specimens

CONCLUSIONS

In most cases, the melt temperature had the highest impact on the modulus and strength of the composites, where higher temperatures resulted in increased values. Surface roughness

was most affected by the injection speed and tool temperature, where higher values of factors resulted in smoother surfaces and the influence was more significant as the composition. Shorter carbon fibre shown positive effects on tribological performance.

Faculty of Polymer Technology • Ozare 19, SI-2380 Slovenj Gradec • M: +386 51 398 232 • W: www.ftpo.eu

Konferenca Savremeni materiali 2021

Med 9. in 10. septembrom je v Banja Luki potekala 14. konferenca Savremeni materiali 2021. Konferenca se je udeležila asistentka Rebeka Lorber s postrom z naslovom »Mechanical Recycling Of Short Carbon Fibers And Grind Carbon Fibers Reinforced PA66«, ki jih je pripravila skupaj z izr. prof. dr. Miroslavom Huskičem in dekanom izr. prof. dr. Blaž Nardinom.

Na konferenci je bil predstavljen tudi poster z naslovom »Low-Temperature Equilibration Reaction and Properties of Telechelic Siloxane Oligomers« avtorice prof. dr. Milice Balaban (Prirodno-matematički fakultet, Banja Luka) v soavtorstvu asistentke Rebeke Lorber, izr. dr. prof. Miroslava Huskića in viš. pred. mag. Silvestra Bolke, ki so ga pripravili v okviru bilateralnih izmenjav z Banja Luko.

asist. Rebeka Lorber



Mechanical Recycling Of Short Carbon Fibers And Grind Carbon Fibers Reinforced PA66

Rebeka Lorber^{*}, Miroslav Huskić^{*}, Blaž Nardin^{*}

Faculty of Polymer Technology, Ozare 19, 2380 Slovenj Gradec | rebeka.lorber@ftpo.eu

SUMMARY Fiber-reinforced polymer composites are occupying a fair share of structural and lightweight applications, replacing traditional materials whenever possible. Along with many advantages they offer, such as excellent mechanical properties to weight ratio, low price, fast production, the possibility of tailoring the properties for specific applications, etc., on the other hand, at the end of their lifetime they are usually disposed on landfills. Carbon fiber polymer composites (CFRPs) are relatively expensive materials and should be considered for recycling and

INTRODUCTION Superior properties and an increasing range of applications are the main driving forces of growth in the consumption of carbon fiber reinforced polymer composites (CFRP). The combination of, as well as individual properties, which include but are not limited to high strength-to-weight ratio, stiffness, good chemical and impact resistance, design flexibility and good processability are attracting a wide range of industries from aerospace, automotive, energy, sports, medical to electronics and others [1–4]. Many are driven by demands of lowering the CO₂ emissions that are easiest to achieve by replacement of traditional materials, most often metals, with CFRPs [3–5]. The global annual demand of 51 kt in the year 2010 increased to 128.5 kt in 2018 and is estimated to achieve nearly 200 kt in 2023 [6]. Such extensive and still increasing consumption of virgin materials rises environmental concerns due to multiplying both, the

RESULTS Considering the above, the present work is a study of the influence of multiple cycles of mechanical recycling on mechanical and thermal properties of polymer composites and a neat polymer (PA66) as reference. •

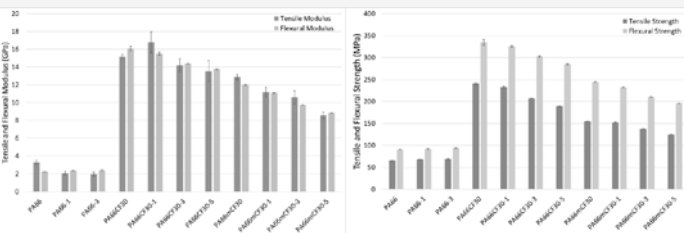


Figure 1: Tensile and flexural modulus (left) and tensile and flexural strength (right)

Table 1: List of samples with corresponding materials and compositions

Specimen	Material	Composition
PA66	PA66 VZ 150	Neat PA66
PA66-1	PA66 VZ 150 after first cycle of mechanical recycling	Neat PA66
PA66-3	PA66 VZ 150 after third cycle of mechanical recycling	Neat PA66
PA66CF30-1	Luvocom 1/CF/30 after first cycle of mechanical recycling	PA66, 30 % CF
PA66CF30-3	Luvocom 1/CF/30 after third cycle of mechanical recycling	PA66, 30 % CF
PA66CF30-5	Luvocom 1/CF/30 after fifth cycle of mechanical recycling	PA66, 30 % CF
PA66mCF30-1	Luvocom 1-50235 after first cycle of mechanical recycling	PA66, 30 % mCF
PA66mCF30-3	Luvocom 1-50235 after third cycle of mechanical recycling	PA66, 30 % mCF
PA66mCF30-5	Luvocom 1-50235 after fifth cycle of mechanical recycling	PA66, 30 % mCF

CONCLUSIONS The influence of multiple cycles of mechanical recycling consisting of repeated grinding and IM on the mechanical and thermal properties of PA66 and two carbon fiber reinforced PA66 composites, differing in the length of fibers, was evaluated in the present work. Properties were evaluated for virgin materials, once, three times, and five times mechanically recycled materials. Mechanical properties, namely tensile, flexural, and dynamic mechanical properties, were influenced by matrix degradation and fiber breakage due to sustained damage caused by the process of mechanical recycling resulting in an increase of the stiffness of PA66 and its decrease in both composites. Similarly, impact properties were slightly decreasing with more recycling cycles presumably due to the same reasons. Thermal properties determined by DSC including crystallization and melting were not influenced by the introduction of reinforcement nor by mechanical recycling. The degree of crystallization decreases with more cycles for neat PA66; however, composites have a similar degree regardless of the mechanical recycling. Degradation temperatures (TGA) were decreasing minimally with more processing for all the materials. Composites that were additionally thermally stabilized have a

REFERENCES

- S. Karguenen Gopal, T. Karki, A review on the recycling of waste carbon fiber/glass fiber-reinforced composites: fiber recovery, properties and life-cycle analysis, SN Appl. Sci., Vol. 2 (2020) 1–21.
- E. Paldani, S. Karki, R. Varley, X. Wang, Recent progress in recycling carbon fiber reinforced composites and dry carbon fiber wastes, Resour. Conserv. Recycl., Vol. 166 (2021) 105340.
- J. Zhang, V.S. Chevali, H. Wang, C.H. Wang, Current status of carbon fiber and carbon fiber composites recycling, Compos. Part B Eng. 193 (2020) 108053.
- G. Calucci, O. Ostrovskaya, A. Frache, B. Marziani, C. Badini, The effect of mechanical recycling on the microstructure and properties of PA66 composites reinforced with carbon fibers, J. Appl. Sci., Vol. 132 (2015) 1–8.
- M. Pietrolungo, E. Padovano, A. Frache, C. Badini, Mechanical recycling of an end-of-life automotive composite component, Sustain. Mater. Technol., Vol. 23 (2020) e00143.
- W. Elmar, V. Mathes, M. Sauer, M. Kühn, Composites market report 2018 - Market developments, trends, outlook and challenges, (2018) 1–44.
- F. Meng, E.A. Olivetti, Y. Zhao, J.C. Chang, S.J. Pickering, J. McCreesh, Comparing Life Cycle Energy and Global Warming Potential of Carbon Fiber Composite Recycling Technologies and Waste Management Options, ACS Sustain. Chem. Eng., Vol. 6 (2018) 9854–9865.
- R.A. Willis, R. Teuscher, V. Michaud, C. Ludwig, J.A.E. Manson, Carbon fiber reinforced composite waste: An environmental assessment of recycling, energy recovery and landfilling, Compos. Part A Appl. Sci. Manuf., Vol. 49 (2013) 89–99.
- European Council, Directive 2008/96/CE of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repairing certain Directives, Off. J. Eur. Union, L312 (2008) 1–59.
- R.J. Tapper, M.L. Longana, A. Norton, K.D. Potter, I. Hamerton, An evaluation of life cycle assessment and its application to the closed-loop recycling of carbon fiber reinforced polymers, Compos. Part B Eng., Vol. 184 (2020) 107665.
- S. Kim, Engineering Sustainability of Mechanical Recycling of Carbon Fiber Composite Materials, (2014) 4.
- X. Li, B. Bai, J. McCreesh, Environmental and financial performance of mechanical recycling of carbon fiber reinforced polymers and comparison with conventional disposal routes, J. Clean. Prod., Vol. 127 (2018) 451–460.
- A. Bernasconi, D. Rousin, C. Armand, Analysis of the effect of mechanical recycling upon tensile strength of a short glass fiber reinforced polyamide 6.6, Eng. Fract. Mech., Vol. 74 (2007) 627–641.
- E. Worrell, M.A. Reuter, Handbook of Recycling: State-of-the-art for Practitioners, Analysts, and Scientists, Elsevier, Waltham, 2014.
- K. Mery, Handbook of Environmental Degradation of Materials, William Andrew, New York, 2005.
- H. Chen, V. V. Ginzburg, J. Yang, Y. Yang, W. Liu, Y. Huang, L. Du, B. Chen, Thermal conductivity of polymer-based composites: Fundamentals and applications, Prog. Polym. Sci., Vol. 59 (2016) 41–85.

reuse. Therefore, the influence of multiple cycles of mechanical recycling through grinding and injection molding was studied. PA66, PA66 reinforced with CF, and ground CF were mechanically recycled five times. Mechanical and thermal properties were determined after the first injection, as well as after the 1st, 3rd and 5th cycle of mechanical recycling. The values of mechanical properties (modulus, strength, ...) generally deteriorate, while the thermal properties remain almost unchanged. Part of the change is due to polymer degradation and part is due to fiber shortening. •

manufacturing scrap and the end-of-life of CFRP products waste [3,7]. Moreover, concerns are already backed by the regulation existing in the automotive sector, leading the way for other industries, in European Union requiring at least 85 % of vehicles to be reused or recycled since 2015 [7–9]. Considering the existing approaches to recycling of the CFRP mechanical recycling has proven to be the most convenient approach due to its economic efficiency, environmental friendliness in sense of energy consumption as well as the absence of need for use of chemicals, and easy implementation of the process in the production [1,2,5,7,8,10–12]. Mechanical recycling is especially well suited for short fiber reinforced thermoplastics since the material can be remelted due to the thermoplastic nature of the matrix and loss of mechanical properties due to the process related fiber breakage is less extensive compared to long or continuous fiber-reinforced materials [4,5,8,13,14]. •

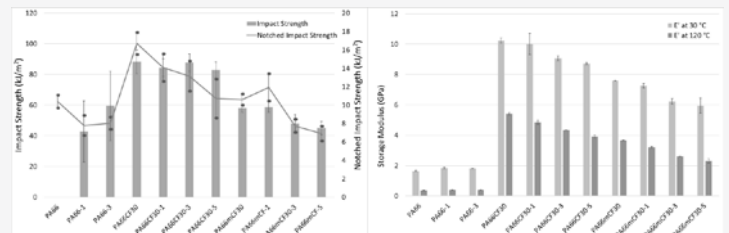


Figure 2: Impact and notched impact strength (left) and storage modulus at 30 °C (right)

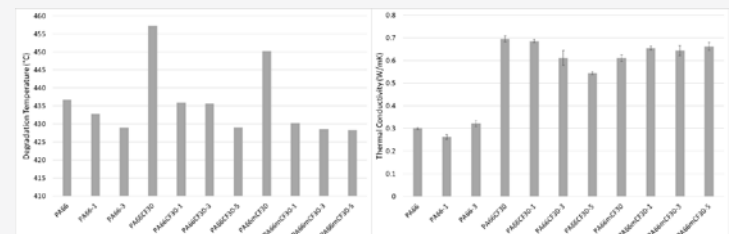


Figure 3: Degradation temperatures(left) and thermal conductivities (right)

significantly higher drop of degradation temperature after first recycling due to the consumption of thermal stabilizers. Thermal conductivity of neat PA66 dropped after first recycling due to a decrease in the degree of crystallinity and increased after the third cycle, presumably due to possible contamination in the process while thermal conductivity of PA66CF30 decreased with more cycles due to fiber shortening. On the other hand, the conductivity of PA66mCF30 was increasing slightly with more processing due to better and more homogeneous dispersion of the filler. Overall, mechanical and even less thermal properties of studied materials were influenced by multiple cycles of mechanical recycling. In most cases decrease of properties after first recycling was less than 10 % and even after five cycles, they still retained superior properties which leads us to the conclusion that carbon fiber reinforced PA66 composites are wasted if not mechanically recycled at least once, yet better multiple times. •

Acknowledgment We thank Jure Vrbnjak for performing part of the experimental work during his diploma thesis. The research was partly financed by the MAPgears project (Project that is co-financed by the Republic of Slovenia and the European Union under the European Regional Development Fund). •

LOW-TEMPERATURE EQUILIBRATION REACTION AND PROPERTIES OF TELECHELIC SILOXANE OLIGOMERS

Milica Balaban Silvester Bolka Rebeka Lorber Miroslav Huskić Vesna Antić



University of Banja Luka
Faculty of Natural Sciences
and Mathematics
Banja Luka, Bosnia and Herzegovina



Faculty of Polymer Technology
Slovenj Gradec, Slovenia

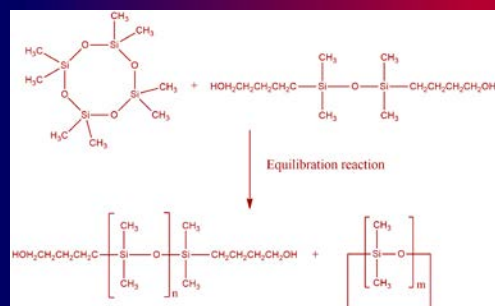


University of Belgrade
Faculty of Agriculture
Belgrade, Serbia

Introduction

α,ω -Functionalized, telechelic poly(dimethylsiloxane), PDMS, oligomers of relatively low molecular weights are versatile starting materials for the preparation of a wide variety of linear siloxane-containing copolymers including thermoplastic siloxane-urethane, siloxane-urea, siloxane-urethane-urea and siloxane-ester elastomers. PDMS is an extremely flexible molecule with almost complete rotation along the macromolecular chain. Mobility of the PDMS molecule, through rotation and segmental cooperative chain motion, makes the intermolecular distance bigger, and intermolecular interactions significantly lower than for the corresponding carbon polymers, which causes many of the unusual properties of these materials. PDMS polymers have one of the lowest values of the glass transition temperature ($T_g = -123^\circ\text{C}$), and a large value of the molar volume ($75.5\text{ cm}^3\text{ mol}^{-1}$). Flexibility and weak intermolecular forces also lead to low surface tension, low value of solubility parameter and low dielectric constant. PDMSs are transparent to visible and UV light, ozone resistant, and very stable to the atomic oxygen. Permeability to various gases, hydrophobicity, ability to build films, surface activity, as well as excellent chemical and physiological inertness are other interesting properties of PDMS polymers. Telechelic PDMS oligomers are usually synthesized by siloxane equilibration reaction at relatively high temperatures. Previous studies showed that hydroxypropyl and hydroxybutyl terminated polydimethylsiloxane oligomers showed degradation upon heating, through the loss of functional end groups. Instability of the end groups is due to the back biting of the terminal silicon in the PDMS by the primary hydroxyl oxygen, leading to the formation of 5 and 6 membered, stable, heterocyclic compounds. Loss of end groups also resulted in a dramatic increase in the molecular weights of the oligomers produced. In present paper a series of α,ω -dihydroxybutyl-poly(dimethylsiloxane)s (PDMS) was synthesized in the presence of a cation-exchange resin as the heterogeneous catalyst. Influence of the reaction temperature on the molecular weight of the PDMS oligomers was investigated by ^1H NMR spectroscopy, thermogravimetric analysis - infrared spectroscopy (TG-FTIR) and dilute solution viscometry.

Results and discussion



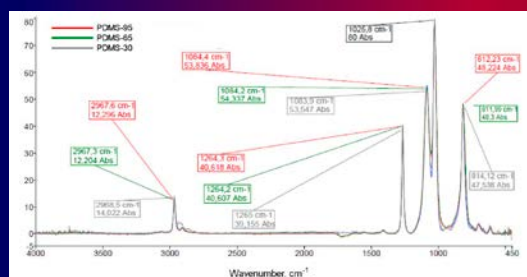
Reaction of the synthesis of hydroxybutyl-PDMS oligomers

TGA analysis of PDMS samples in O_2 atmosphere

Sample	$T_{5\%}^\circ\text{C}$	$T_{50\%}^\circ\text{C}$	$T_{\text{max}}^\circ\text{C}$	Residue at 700°C , wt. %
PDMS-95	407	545	390/428/539	37
PDMS-65	368	538	360/462/548	31
PDMS-30	315	544	335/555	32

TGA analysis of PDMS samples in N_2 atmosphere

Sample	$T_{5\%}^\circ\text{C}$	$T_{50\%}^\circ\text{C}$	$T_{\text{max}}^\circ\text{C}$	Residue at 700°C , wt. %
PDMS-95	450	580	510/620	0
PDMS-65	402	562	473/612	0
PDMS-30	340	502	458/537	0



Predavanje na Slovenskih kemijskih dnevih



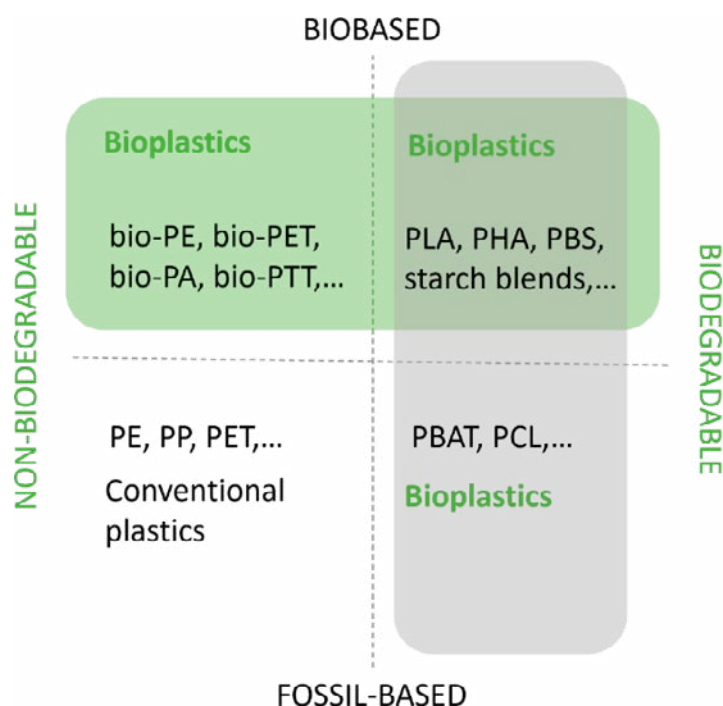
V mesecu septembru je fakulteta sodelovala na Slovenskih kemijskih dnevih z dvema prispevkoma v obliki predavanj, in sicer je prodekanica za izobraževanje izr. prof. dr. Irena Pulko predstavila izsledke raziskav, ki so bili opravljeni na tematiki priprave filamenta z magnetnimi lastnostmi (naslov prispevka: »Plastomagnetic NdFeB magnets based on thermoplastic polyurethane, produced with fused filament fabrication«), prodekan za raziskovalno dejavnost izr. prof. dr. Miroslav Huskić je pripravil prispevek o zaostalih napetostih in o njihovi določitvi (naslov prispevka: »Določevanje zaostalih napetosti z DMA«). Konferenca je potekala kot tridnevni znanstveni dogodek s plenarnimi in vabljenimi predavanji, ki se ga je udeležilo več kot 250 udeležencev. Organizirano je bilo tudi tekmovanje za najboljši študentski znanstveni prispevek. Kot je že tradicionalno je dogodek potekal v hotelu Bernardin v Portorožu in ga je spremljala sedemdeset-letnica Slovenskega kemijskega društva.

izr. prof. dr. Irena Pulko

Sodelovanje pri vsebinah vloga podjetja Skaza d.o.o.

Fakulteta za tehnologijo polimerov s podjetjem Skaza d.o.o. sodeluje pri oblikovanju njihovega bloga, ki ga objavljajo na angleški različici spletne strani. Prvi prispevek s strani FTPO je pripravila prodekanica za izobraževanje izr. prof. dr. Irena Pulko na tematiko klasifikacije bioplastike. Po trenutni klasifikaciji pod bioplastiko spada plastika, ki je narejena in obnovljivih virov, je biorazgradljiva ali oboje. Kar med uporabnike vnaša zmedo, saj jo pogosto povezujejo z okolju prijazno in s tem biorazgradljivo ali kompostirno plastiko. V blogu, ki je dostopen na spletni strani (Bioplastic classification (skaza.com)) je predstavljena klasifikacija bioplastike, ki bo zagotovo oblikoval prihodnost plastične industrije.

izr. prof. dr. Irena Pulko



SODELOVANJE Z INDUSTRIJO

Sodelovanje s podjetji v juliju, avgustu in septembru 2021

V okviru Centra za sodelovanje z gospodarstvom in/ali Infrastrukturnega programa Tehnologija polimerov smo v juliju, avgustu in septembru 2021 opravili meritve in karakterizacije za naslednja podjetja in institucije: Roto, Gorenje, Aplast, BSH, UM FS, Pipistrel, MyCol, Huliot, Pax, Plastika Skaza, Lek, Geberit, Oprema Ravne, Hidria, Iskra Mehanizmi, Elky, Iskra, APC, AMT projekt, Hirsch, Intra lighting, UM FKKT, EKWB, Filc, Alpana, 4Plast, Trgoplast, Kopur, Lotrič Certificiranje, Cinkarna Celje, Alenka Veber Gorjanc, Magneti, Praimgest, Alpo in Uteksol.

Obiskali smo podjetja Pax, GoGetAir, Gorenje, Tehnomat, Lotrič Certificiranje, UM FS in MUL.

Obiskali so nas predstavniki podjetij Uteksol, Praimgest, Hirsch, Keyence, Cinkarna Celje, Lek, Gorenje, Arburg, Alpana, Lotrič Certificiranje, Adria Polymers in Aquafil.

Na daljavo preko spleta smo izvedli sestanke s podjetji Keyence, Gorenje, Intra lighting, Hiebler, MUL, PCCL, OPS Breznik, Gumarstvo Šrajner, ICP, WoodKPlus, Lek, AMT projekt, Polycom, UM FS in Kolektor.

Predstojnik Centra za sodelovanje z gospodarstvom Silvester Bolka je 16. in 17. septembra 2021 izvedel šolanje za podjetje Lotrič Certificiranje z naslovom »Termoplasti – vpliv predelave termoplastov na napake izdelanih kosov«.

viš. pred. Silvester Bolka

Modifikacija žilavosti mešanice na osnovi PLA z nanokristalinično celulozo

●●● FTPO
Fakulteta za
tehnologijo polimerov

Namen /Cilj

Potrošniki so zaradi velike količine plastičnih odpadkov v okolju zahtevali razvoj okolju prijaznih embalažnih materialov. Polimlečna kislina (PLA) je ena od biološko razgradljivih alternativ. Poleg dobrih lastnosti obdelave ima PLA tudi nekaj pomanjkljivosti. Najbolj izrazita za uporabo v sektorju embalaže je krhkost. Da bi se izognili tej pomanjkljivosti, lahko v matriko PLA vključimo nanokristalinično celulozo (NCC). Površinska sprememba NCC je dodaten korak obdelave, ki vključuje tudi kemikalije in ni vedno okolju prijazen. Alternativa površinski modifikaciji NCC je uporaba ustreznega kompatibilizatorja za izboljšanje površinskih interakcij med NCC in termoplastično matrico ter omogočanje enakomerne disperzije in porazdelitve NCC v termoplastični matriki.

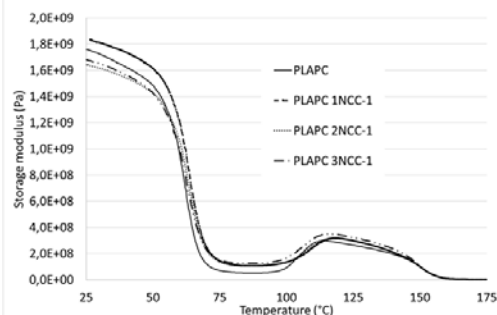
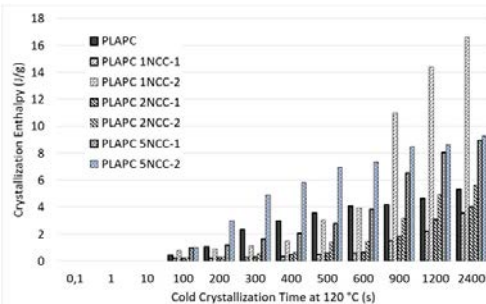
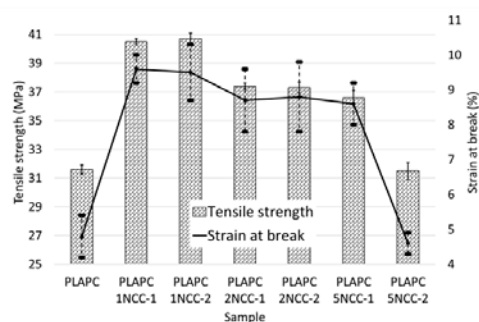
- Uporabili smo znanje in izkušnje iz predhodnih projektov za izdelavo kompozitov iz in ustrezno modifikacijo.
- Uporabili smo tako imenovan pristop mehanokemije – reakcijsko kompavndiranje z visokim strigom za kovalentne reakcije
- Izdelava biokompozita z nemodificirano NCC s pomočjo kompatibilizatorja

Sample	PLA (%)	PC (%)	SEBS (%)	TPU (%)	CaCO ₃ (%)	NCC (%)	Št. ciklov
PLAPC	42	40	10	5	3	0	1
PLAPC 1NCC-1	41	40	10	5	3	1	1
PLAPC 1NCC-2	41	40	10	5	3	1	2
PLAPC 2NCC-1	40	40	10	5	3	2	1
PLAPC 2NCC-2	40	40	10	5	3	2	2
PLAPC 5NCC-1	37	40	10	5	3	5	1
PLAPC 5NCC-2	37	40	10	5	3	5	2

Tehnologija /Metode

Rezultati

Preučevali smo učinek dodajanja NCC v treh različnih koncentracijah v mešanice na osnovi PLA in v dveh ciklikih kompavndiranja na žilavost nanokompozitov v mešanicah na osnovi NCC/PLA. Dodatek NCC poveča togost, trdnost in raztezek pri pretrgu. NCC preprečuje kristalizacijo PLA pri ohlajanju in zavira hladno kristalizacijo PLA pri segrevanju. Žilavost se je izboljšala v nanokompozitih z NCC. Rezultati kažejo, da se je žilavost mešanice PLA izboljšala z dodatkom NCC, čeprav je bil NCC uporabljen brez površinske modifikacije. Modifikacija z ustreznim kompatibilizatorjem med kompavndiranjem je okolju prijazna alternativa za proizvodnjo nanokompozitov s tehnologijo mehanokemije.



Razvoj novega materiala

Dva nova kosa vrhunske laboratorijske opreme v laboratoriju FTPO

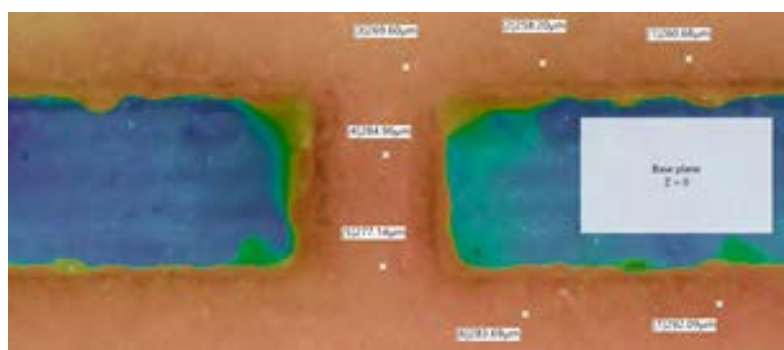
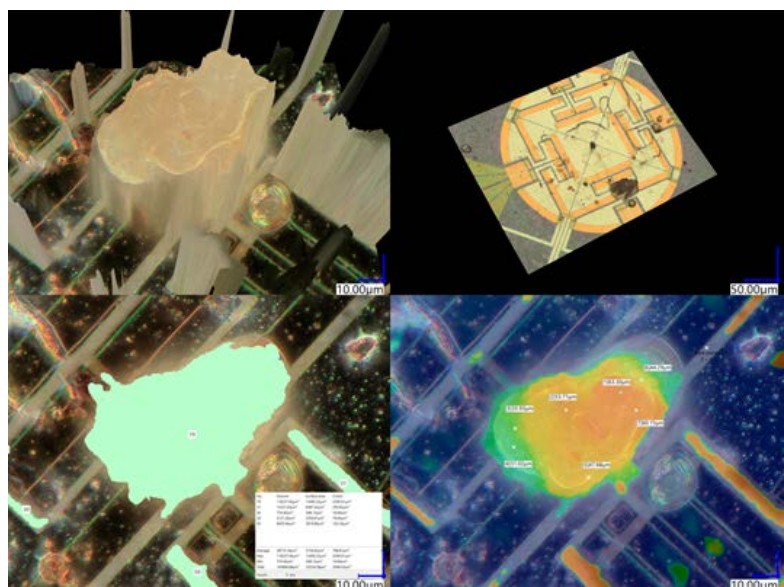
KEYENCE VHX 7000

Mikroskop Keyence VHX 7000 je digitalni mikroskop, ki nam s pomočjo leče VH-ZST omogoča povečave od 20 x do 2000x.

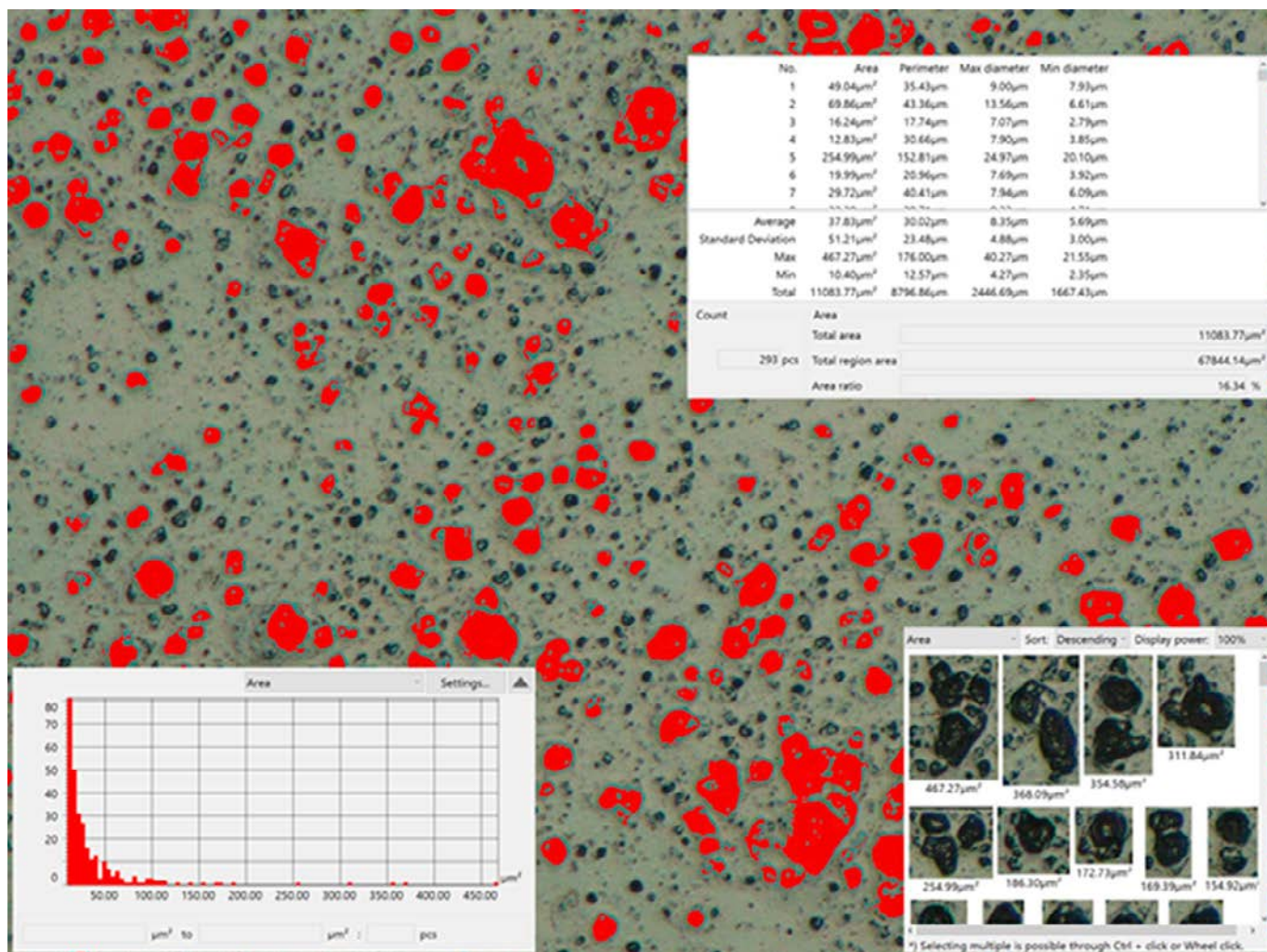
Mikroskop ima motorizirane x, y in z osi, omogoča tudi nagib leče, različne možnosti osvetlitve, filtre za izboljšanje kvalitete. Omogoča tako 2D kot 3D posnetke, ki jih lahko tudi obdelujemo: merimo dimenzije, obliko provilov in hrapavost. Pri vzorcih iz različnih materialov lahko določimo vsebnost posameznih komponent, če imajo materiali dovolj kontrasta, velikost delcev, razporeditev velikosti delcev, vsebnost nečistoč.

Po šolanju smo preverili nekaj od teh funkcij na vzorcu za Flash DSC, kjer je bila izračunana zatehta vzorca 148 ng. S pomočjo največje povečave 2000x in motorizirane z osi, smo posneli vzorec, ki je prikazan na spodnji sliki.

Po obdelavi podatkov s pomočjo izračuna volumna vzorca smo določili zatehto vzorca, ki je znašala 148 ng. Torej smo tudi s pomočjo Keyence mikroskopa določili pravilno zatehto vzorca za Flash DSC.



Primer globine laserskega graviranja, kjer je znašala globina napisa FTPO po laserskem graviranju od 260 µm do 290 µm.



Primer določanja velikosti delcev

TERMOMEHANSKI ANALIZATOR (METTLER TOLEDO, TMA/SDTA 2+)

Termomehanska analiza je tehnika, s katero preučujemo lastnosti materialov v odvisnosti od temperature. S TMA merimo spremembe dimenzij ali mehanskih lastnosti vzorca, ko je le ta podvržen temperaturnemu programu. S TMA merimo linearni koeficient temperaturnega raztezka, steklasti prehod. Iz meritev dobimo lahko tudi informacije o tališčih, faznih prehodih, toplotni razgradnji in stabilnosti, elastičnem modulu in viskoelastičnem obnašanju.

viš. pred. Silvester Bolka



DELOVANJE ZAVODA

Podjetje Adient Slovenj Gradec d.o.o. podarilo nekaj opreme laboratoriju FTPO

Podjetje Adient Slovenj Gradec d.o.o. se je ob likvidaciji odločilo, da nam podari nekaj inventarja iz proizvodnje. Dekan, izr. prof. dr. Blaž Nardin, in predstojnik Centra za sodelovanje z gospodarstvom, Silvester Bolka, sta se z direktorjem podjetja Adient Slovenj Gradec d.o.o. dogovorila za

prevzem inventarja. Podarili so nam tekoči trak, plastične zaboje, zaprte plastične palete, belo tablo ter mizo in dve klopci. Za to lepo gesto se podjetju Adient Slovenj Gradec d.o.o. iskreno zahvaljujemo.

asist. Teja Peši



Habilitacijski postopki

Pred novim študijskim letom 2021/2022 je Senat FTPO izvolil v nazive pet sodelavcev fakultete. Mag. Laura Klančnik, nosilka predmeta Projektni management v 2. letniku študijskega programa Tehnologija polimerov 1. stopnje, je bila ponovno izvoljena v naziv predavateljica za področje Management. Za isto področje je bil ponovno izvoljen tudi pred. Rajko Kokol, ki izvaja vaje pri predmetu Menedžment kakovosti v okviru študijskega programa Tehnologija polimerov 2. stopnje. Za izvajanje študijskega procesa pri predmetih s področja Elektrotehnike je bil v naziv docent ponovno izvoljen dr. Dragan Kusić. Od septembra 2021 zasedbo visokošolskih učiteljev s področja Kemije in materialov širi izvolitev dr. Mihe Steinbücherja, ki v tekočem študijskem

letu sodeluje pri izvajanju predmeta Uvod v polimerne materiale študijskega programa Tehnologija polimerov 1. stopnje. Na istem področju je fakulteta bogatejša še za enega strokovnega sodelavca, Gregorja Strmljana, ki izvaja vaje pri predmetu Nauk o materialih v okviru študijskega programa Tehnologija polimerov 1. stopnje in pri predmetu Znanost o materialih v okviru študijskega programa Tehnologija polimerov 2. stopnje.

Vsem (novo)izvoljenim sodelavcem fakultete iskreno čestitamo za pridobljeni naziv in se veselimo nadaljnega sodelovanja.

Štefi Grah

mag. Laura Klančnik	Predavateljica	ponovna izvolitev, 2.	Management	23.06.2021	23.06.2026
dr. Dragan Kusić	Docent	ponovna izvolitev, 2.	Elektrotehnika	28.09.2021	28.09.2026
Gregor Strmljan	Strokovni sodelavec	prva	Kemija in materiali	28.09.2021	neomejeno
Rajko Kokol	Predavatelj	ponovna izvolitev, 2.	Management	28.09.2021	28.09.2026
dr. Miha Steinbücher	Docent	prva	Kemija in materiali	28.09.2021	28.09.2026

Dogodki v okviru kariernega centra FTPO

Obisk otrok iz počitniškega varstva: Živele počitnice v Slovenj Gradcu

V mesecu juliju 2021 smo kot vsako leto na fakulteto povabili otroke s počitniškega varstva Živele počitnice v Slovenj Gradcu, ki ga organizira MOCIS Slovenj Gradec v sodelovanju z Mestno občino Slovenj Gradec. Program je namenjen otrokom iz Mestne občine Slovenj Gradec, od zaključenega 1. do zaključenega 3. razreda osnovne šole, ki lahko

poletje preživljajo z vrstniki ob športnih, izobraževalnih in družabnih aktivnostih. Na naši fakulteti so otroci raziskovali svet polimerov, spoznavali poklic raziskovalca, izvajali zanimive poizkuse ter si ogledali laboratorij.

Sara Jeseničnik



Obisk dijakov in predstavnikov Gimnazije Franca Miklošiča Ljutomer

15. septembra 2021 smo gostili dijake Gimnazije Franca Miklošiča iz Ljutomer. Uvodno predavanje na temo Polimeri in okolje je vodila predstojnica Kariernega centra in mednarodne pisarne Maja Mešl, kasneje pa so dijaki izvedli laboratorijsko vajo sintezo najlona, se poizkusili v modeliranju na

programski opremi Siemens NX ter si ogledali naše laboratorije in projektne dejavnosti. Zaradi ukrepov v pomladnem času ter poletnih počitnic smo obiska v živo bili izredno veseli, enakega mnenja pa so bili tudi dijaki.

Sara Jeseničnik



Druga poletna šola - Lego robotika in elektronika mladim ustvarjalcem omogočila kvalitetno preživet zaključek poletnih počitnic

V sodelovanju s partnerji in sofinanciranjem Mestne občine Slovenj Gradec smo si zadali, da v poletnih mesecih organiziramo dve poletni šoli za otroke stare od 9 do 14 let. S temi aktivnostmi Mestna občina Slovenj Gradec nadgrajuje aktivnosti poletnega varstva, ki jih že nekaj let organizira javni zavod MOCIS. Fakulteta za tehnologijo polimerov je projekt predlagala z namenom promocije poklicev prihodnosti, ponuditi mladim kreativno preživljanje prostega časa ter hkrati zaradi poslanstva fakultete, ki je med drugimi sodelovanje z lokalnim okoljem, v katerem primanjkuje vsebin za to starostno skupino otrok.

Prva poletna šola je bila na temo Ustvarjanje digitalnih vsebin organizirana konec meseca junija. Druga poletna šola pa je potekala od 23. do 27. avgusta 2021. Šolo sta vodila strokovnjaka, Miha in Beno iz podjetja Inštitut 4.0, ki sta mlade ustvarjalce in ustvarjalke najprej spoznala, nato pa jih razdelila v dve skupini glede na starost in njihovo predznanje na področju robotike in programiranja z LEGO WEDO in EV3 ROBOTI. S pomočjo lego mehanskih setov so spoznavali osnove programiranja, svoje robote izpopolnjevali na posebnem poligonu, ob koncu pa jih je čakala prava tekmovalna izkušnja v stilu tekmovanj FIRST LEGO League (FLL). Ob zaključnem dnevu poletne šole Lego robotika in elektronika smo v goste povabili še starše, babice

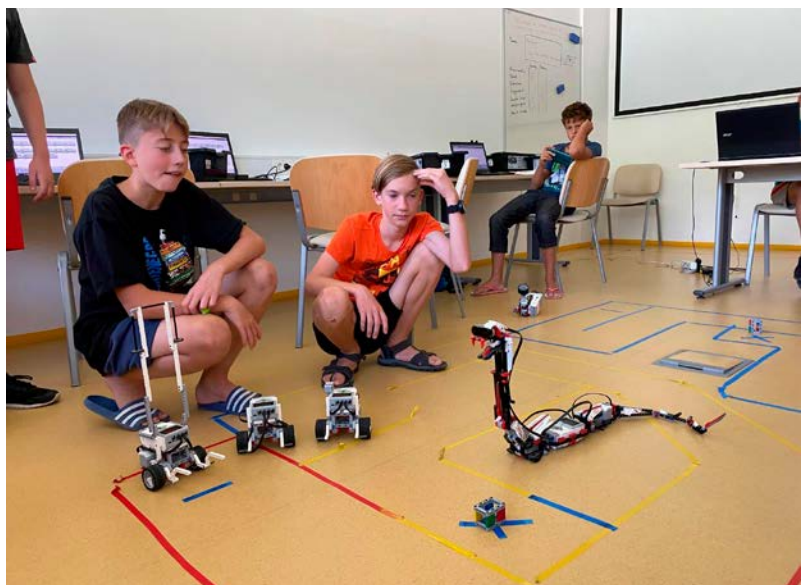
in dedke, ki so si lahko ogledali kaj vse so ustvarili njihovi otroci.

Izvajalca Miha in Beno sta poročala o čudovitem vzdušju, ki so ga ustvarili udeleženci s svojim navdušenjem nad delavnico. Teden, ki so ga mladi preživeli skupaj je za vse še prehitro minil. Pozitivnih odzivov je bil ogromno, od tega da so prijave na delavnico bile zapolnjene že v prvih 4 urah, navdušenih in nasmejanih obrazov mladih ustvarjalcev, do pozitivnih odzivov staršev. Pri tovrstnih aktivnostih namreč ne gre le za kvalitetno preživljanje prostega časa, temveč za vzpodbujanje k poklicem s področja naravoslovja in tehnike ter hkrati za razvijanje pomembnih kompetenc kot so reševanje izzivov, timsko delo, praktično učenje in iznajdljivost, ki so ključne sposobnosti ne glede na bodočo kariero otroka.

Še enkrat hvala Mihi in Benu iz Inštitut 4.0 za celotno izvedbo in ves žar v očeh, ki sta ga izzvala iz mladih udeležencev ter Mestni občini Slovenj Gradec za sofinanciranje.

Zaradi želja in pobud o nadaljevanju tovrstnih vsebin pa smo že v dogovoru, da tovrstne aktivnosti za osnovnošolce (»Celoletni tečaji robotike in programiranja«) vpeljemo v redno obšolsko dejavnost v našem okolju. Več informacij sledi v začetku novembra.

Sara Jeseničnik



Spopad robotov



Med udeleženci tudi ustvarjalna dekleta





Na zaključno predstavitev smo povabili starše, dedke, babice



Informativni dnevi FTPO

Konec meseca avgusta in v začetku septembra smo izvedli Informativne dneve za vpis v drugem roku. Prisotnim udeležencem smo podali informacije o možnostih študija ter jim razkazali naše prostore in laboratorije.



V študijskem letu 2021/2022 imamo na fakulteti vpisanih 123 študentov, od tega jih prvi letnik dodiplomskega študija obiskuje 27, prvi letnik magistrskega študija pa 11 študentov. Do konca septembra 2021 je skupaj diplomiralo 159 diplomantov, od tega 133 na prvi stopnji in 26 na drugi stopnji.

Študenti FTPO, dobrodošli na Fakulteti za tehnologijo polimerov.

Sara Jeseničnik



Obisk rektorice Univerze na Primorskem

27. avgusta 2021 sta nas obiskali dr. Klavdija Kutnar, rektorica Univerze na Primorskem in dr. Andreja Kutnar, nosilka področja znanosti o lesu na Oddelku za aplikativno naravoslovje Univerze na Primorskem in direktorica InnoRenew CoE. Sestanek je bil namenjen predstavitvi vključenih organizacij, aktivnosti in projektov in ogledu laboratorijev FTPO ter iskanju skupnih točk in komplementarnosti. Verjamemo, da lahko s sodelovanjem postanemo boljši in dosežemo več.

Izr. prof. dr. Irena Pulko



Razstavljali smo na Celjskem sejmu - 53. sejmu MOS

Od 15. do 19. septembra smo svoje delo predstavljali na 53. sejmu MOS, pod letošnjim sloganom - Trajnostno v novo obdobje. Dodelan koncept največjega poslovno-sejemskega dogodka v regiji MOS predstavlja novo usmeritev, ki bo odprla nova področja podjetjem za zagotavljanje zelenega, digitalnega in odpornega gospodarstva.



Sara Jeseničnik

Recikliramo preteklost – tiskamo prihodnost

Naša fakulteta je bila s strani Kulturnega društva – Galerijo sodobnih umetnosti Art.Con povabljen k sodelovanju pri kulturno-umetniškem in izobraževalnem projektu Plastos 2021: Laboratorij prihodnosti. K projektu, ki spodbuja medsektorsko in medgeneracijsko povezovanje ter multidisciplinarn pristope k iskanju odgovorov na izzive prihodnosti, je naša fakulteta pristopila tako, da je za namen umetniškega performansa pripravila 3D scan in tisk »plastosa« - domišljjskega bitja glavnega avtorja Marka A. Kovačiča, akademskega kiparja, ki se ukvarja z recikliranjem (preoblikovanjem) v najširšem pomenu. V konceptualnem projektu Plastos 2021 so je tako tudi Slovenj Gradec za en dan spremenil v Laboratorij prihodnosti, tako da so iz

zavrženih predmetov naredili nove podobe, figure, nove robote ... in jih kasneje pokazali na razstavi, razpredeni po 8 različnih mestih v Slovenj Gradcu.

V sklopu projekta je 4. septembra 2021 na Glavnem trgu v Slovenj Gradcu potekala tudi delavnica za mlade s praktičnim prikazom 3D tiska, ki sta jo vodili predstavnici FTPO, asist. Rebeka Lorber in Tamara Rozman. Kot drugi soorganizator je svoj trajnostni pristop na področjih vodooskrbe, energije in okoljske vzgoje predstavilo še podjetje Komunala Slovenj Gradec. Udeleženci naše delavnice so izdelovali prebivalce domišljjskega Laboratorija prihodnosti iz odpadnih materialov, se spoznali s 3D tiskom in našo fakulteto.

asist. Rebeka Lorber



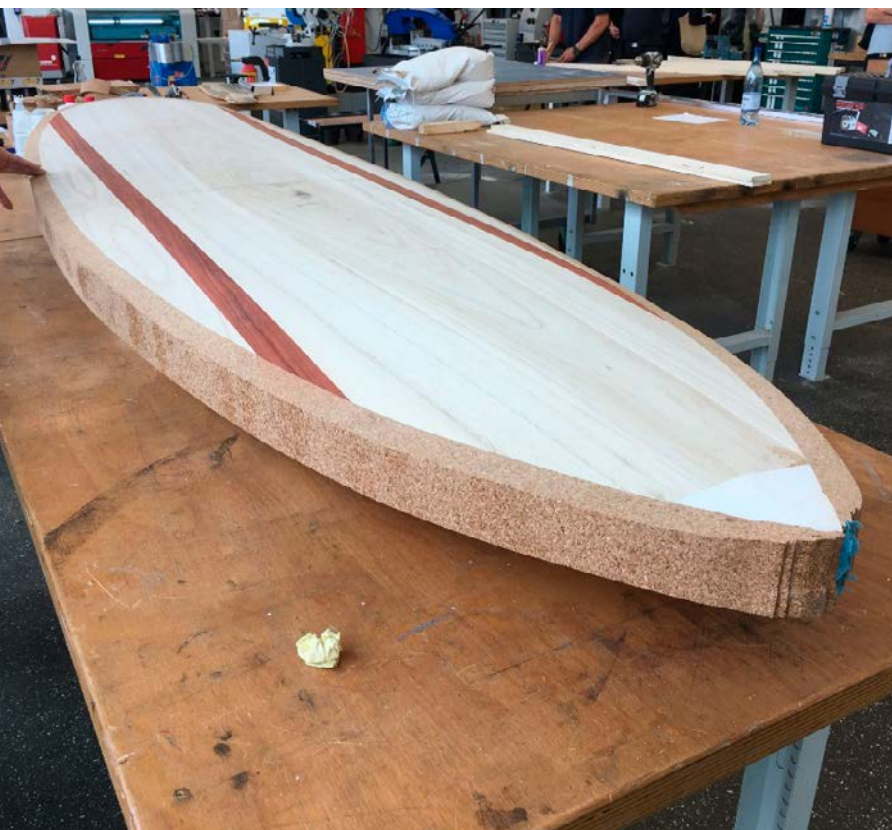
Ogled dobrih praks in novosti na področju IKT digitalizacije - Avstrijska Koroška

Na podlagi naročila s strani poslovne točke SPOT svetovanje Koroška (Podjetniški center Slovenj Gradec) smo organizirali ogled dobrih praks in novosti na področju IKT, digitalizacije in podpornega okolja na Avstrijski Koroški, natančneje v Celovcu.



Z ogledom smo imeli priložnost spoznati podjetja z izjemnimi primeri dobrih praks. SGZ - Slovenska gospodarska zveza se je predstavila s platformo za mreženje v Alpsko-jadranski regiji (Vesna Hodnik Nikolić), Jernej Dvoršak iz podjetja BABEG - Invest in Carinthia je predstavil kje je gospodarski fokus in kje so priložnosti za slovenska podjetja v regiji Avstrijska Koroška, Tehnološki park ob Vrbskem jezeru je predstavil David Pitschmann, Patrick Struger iz združenja SIC - Software Internet Cluster

je predstavil grozd IKT panoge, Andreas Starzacher iz Silicon Alps Cluster pa nam je predstavil grozd mikroelektronike. Področje povezanih samoorganiziranih sistemov, inteligence roja in omrežja industrijskih senzorjev so nam predstavili predstavniki Raziskovalne institucije Lakeside Labs (Melanie Schranz), predstavil pa se nam je tudi Inovacijski center za digitalizacijo in umetno inteligenco - KI-4LIFE Fraunhofer Austria Research (Eva Eggeling). Ob koncu smo si ogledali še navdihujoče delavnice



in tovarne idej MAKERSPACE Carinthia. Med pogostitvijo pa smo imeli možnost za mreženje s članskimi podjetji Software & Internet Clustra.

Z nami je bilo skupaj več kot 35 predstavnikov podjetij, podpornih institucij in občin. Ogled je bil velika priložnost za navezovanje novih partnerstev med predstavniki podjetij in strokovnjaki področij. Poleg tega pa smo dobili inspiracijo za nadaljnje aktivnosti za izgradnjo podobnega ekosistema, ki bi aktivno privabljal visokotehnološka podjetja v naše

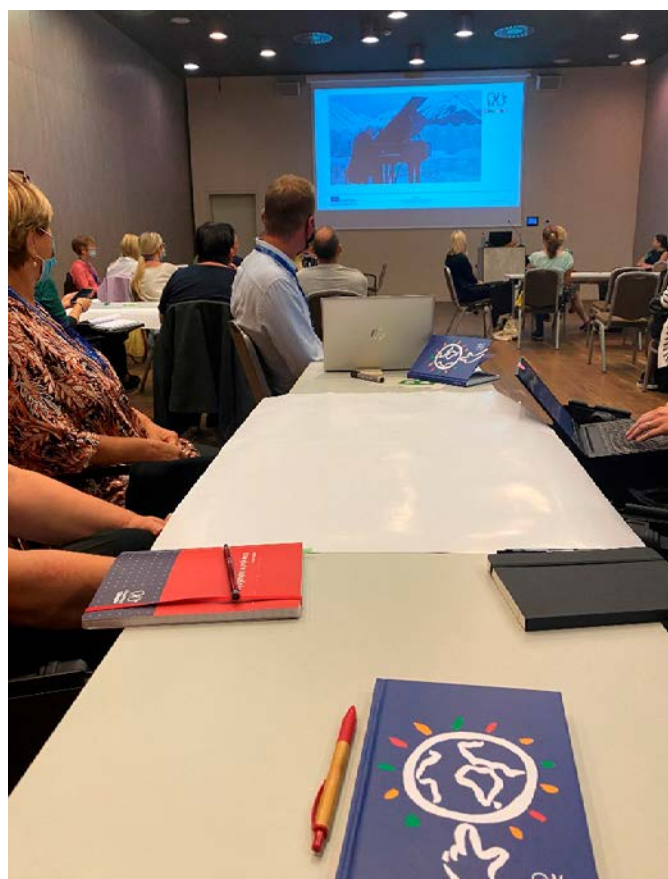
okolje in s tem prispeval k povečanju števila kakovostnih delovnih mest v regiji.

Udeleženci so bili z izvedenim ogledom dobrih praks zelo zadovoljni, saj je ponujal vrhunsko organizacijo in predstavitev dobrih praks, sistemov, ekosistema in institucij ter obilo novih možnosti za nadaljnje sodelovanje.

Sara Jeseničnik, Maja Mešl

Udeležba Erasmus+ Jesenske šole v Podčetrtku

V okviru projekta Erasmus+ sta se koordinatorka za mobilnost posameznikov (KA1) Sara Jeseničnik in vodja projekta Polyflip (Erasmus+ strateška partnerstva, KA2) Maja Mešl, 27. in 28. septembra 2021 udeležili dvodnevne Jesenske šole, ki je bila namenjena koordinatorjem in skrbnikom projektov Erasmus+ mobilnosti.



Program se je začel z okroglo mizo na temo strateške internacionalizacije, sledile so predstavitev pogodbenih pravil novega programskega leta ter tematske interaktivne delavnice namenjenim prioritetam programa, ki so »digitalna«, »zelena« in »vključujoča«. Novosti, ki jih nova programska perspektiva prinaša so torej ureditev postopkov in vzpodbujanje mobilnosti v smeri popolne di-

gitalizacije, »zelene« - trajnostne mobilnosti ter vključevanje v mobilnost predvsem posameznikov iz različnih marginalnih skupin. Koordinatorji smo imeli možnost osebnega svetovanja s skrbniki projektov ter mreženja in izmenjave dobrih praks med udeleženci.

Sara Jeseničnik

Zaključna konferenca Polymetal

V četrtek, 30. septembra 2021, se je na Montanuniversität v Leobnu odvijala zaključna konferenca v okviru projekta PolyMetal z naslovom »Design flexibility of plastics, but look and feel like metals: PolyMetal successful crossboarder cooperation«.



Asist. Teja Pešl med predstavitvijo



Za zagotavljanje večje estetske vrednosti visoko kakovostnih izdelkov (npr.: gospodinskih aparatov, luči, športne opreme,...) se še vedno največ uporabljata nerjaveče jeklo in aluminij. Za izdelavo bolj kompleksnih oblik pa je uporaba nerjavečega jekla tehnično zahtevna, draga in zamudna, zato smo v okviru projekta PolyMetal iskali rešitve, kako s polimernimi materiali doseči višjo toplotno prevodnost in kovinski videz izdelkov. Na konferenci smo predstavili rezultate uspešnega mednarodnega sodelovanja. Na začetku konference sta nas nagovorila ga. Sabina Cimerman in g. Tadej Novak kot predstavnika Interreg projektov iz Avstrije in Slovenije. Nato je dr. Aleš Mihelič (Gorenje d.o.o., Slovenija) predstavil koristi, ki smo jih pridobili s čezmejnim sodelovanjem raziskovalnih in izobraževalnih institucij ter večjih in manjših podjetij. Viš. pred. Silvester Bolka in asist. Teja Pešl (Fakulteta za tehnologijo

polimerov, Slovenija) sta predstavila novo znanje, ki smo ga pridobili tekom razvoja materialov z višjo toplotno prevodnostjo ter izdelane materiale in demonstratorje. Dr. Roman Kerschbaumer (Polymer Competence Center Leoben, Avstrija) je predstavil ugotovitve, kako sestavine v polimerni mešanici vplivajo na mikrostrukturo površine in kako se to odraža na hrapavosti površine brizganih izdelkov, prof. dr. Thomas Lucyshyn (Montanuniversität Leoben, Avstrija) pa je predstavil izvedene simulacije, kjer smo ugotavljali, kako procesni parametri vplivajo na videz površin brizganih kosov. Na koncu je imel dekan, izr. prof. dr. Blaž Nardin še zaključni nagovor, kjer je povzel rezultate projekta. Konferenca se je udeležilo 67 udeležencev, od tega 18 v živo v Leobnu, ostali pa preko Zoom povezave.

asist. Teja Pešl, viš. pred. Silvester Bolka

●●●● FTPPOO

Fakulteta za
tehnologijo
polimerov



FTPPO

Fakulteta za
tehnologijo
polimerov