

prema potrebama kupca, što im daje prednost pred nekim proizvođačima koji nude isključivo gotova rješenja.



SLIKA 2 – Arburgov robotski sustav Multilift V Select

S pomoću 6-osnog robota tvrtke Kuka i ubrizgavalice s okomitom jedinicom za ubrizgavanje Allrounder 375 V izrađivao se Arburgov buggy (ciklus 30 s). Robot je rabljen za umetanje metalnih umetaka u kalup, vađenje otpreska iz kalupa, odlaganje gotovog proizvoda i uklanjanje uljevnog sustava (slika 3).



SLIKA 3 – Arburgov buggy - polimerni proizvod s metalnim umetcima

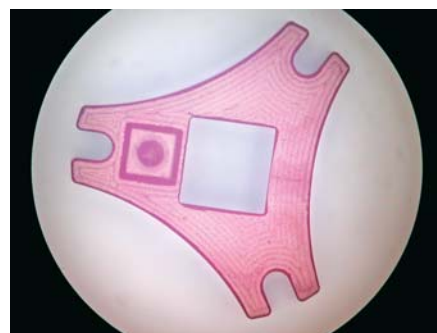
Jedan od prikazanih primjera obuhvaćao je primjenu kapljeviti bojila polimernoga granulata umjesto matične smjese (e. masterbatch). Pri čestim promjenama boje proizvoda te uz

uporabu kapljeviti bojila potrebno je znatno kraće vrijeme čišćenja jedinice za ubrizgavanje. Kapljevito bojilo ubrizgava se u već pripremljenu taljevinu, što ne samo da povišuje učinkovitost proizvodnje već i omogućuje primjenu šire palete boja i snizuje troškove čišćenja jedinice za pripremu i ubrizgavanje taljevine. Takvim sustavom omogućeno je i bolje upravljanje doziranjem boje u materijal, pa je tako vrlo jednostavno, primjerice, blago obojiti proziran polimerni materijal.

Jedno od istaknutih područja bila je izradba medicinskih proizvoda. Činjenica je kako je sterilizacija i opetovana uporaba metalnih proizvoda u medicini gotovo potpuno istisnuta uvođenjem polimernih proizvoda za jednokratnu uporabu. Iako je riječ o zahtjevnim proizvodima, stanje tehnike danas je takvo da se i najrigoroznijim zahtjevima može udovoljiti na učinkovit način. Jedan od prikazanih primjera uključivao je električnu ubrizgavalicu Allrounder 470 0A i odgovarajuću perifernu opremu s pomoću koje su pravljene pipete u kalupu s 32 kalupne šupljine i u ciklusu od 6 sekundi. Potpuno automatiziran sustav omogućio je uklanjanje otpresaka iz kalupa i uljevnog sustava, kontrolu svakoga pojedinog proizvoda, deioniziranje proizvoda i transport do čiste sobe.

Sve su važniji mikrotopresci. Kada je riječ o smanjivanju dimenzija, postoje određena ograničenja u prilagodbi klasičnih pužnih vijaka za sve manje količine za ubrizgavanje. Primjerice, za injekcijsko prešanje s klasičnim pužnim vijcima promjera manjeg od 15 mm potrebno je rabiti tzv. mikrogranule. To je potaknulo Arburgove stručnjake da razviju novi modul za mikroubrizgavanje, koji sadržava klasični pužni vijak za pripremu taljevine te pužni vijak promjera 8 mm za ubrizgavanje. Time je

moguće ostvariti mikroinjekcijsko prešanje s pomoću klasičnoga granulata. Novi modul za mikroubrizgavanje prikazan je na električnoj ubrizgavalici Allrounder 270 A, sile držanja kalupa 350 kN, pri izradbi mikrožupčanika s pomoću kalupa s 8 kalupnih šupljina. Mikrotopreske iz kalupa vadi robot Multilift H s posebno prilagođenim prihvatom za tako male otpreske (slika 4). Masa mikrožupčanika iznosi oko 0,001 g, a vanjski promjer je 1,58 mm. Drugi primjer mikroinjekcijskog prešanja bila je izradba mikrodijelova mikromotora u kalupu s dvije kalupne šupljine, načinjena od POM-a mase 0,0025 g.



SLIKA 4 – Dio mikromotora

Posjetitelji su mogli vidjeti i nekoliko primjera primjene Arburgove opreme za injekcijsko prešanje duromera, višekomponentno injekcijsko prešanje, injekcijsko prešanje kapljevitioga silikonskoga kaučuka, injekcijsko prešanje praškastih materijala kao što su metali i keramika, plinsko injekcijsko prešanje za proizvodnju šupljih predmeta i sendvičasto injekcijsko prešanje.

Organizator smatra da su ovogodišnji Dani tehnike potpuno ispunili očekivanja.

## PREDSTAVLJAMO VAM

### Znanstveni projekt *Temeljna i primijenjena istraživanja vodljivih polimera*

**Privedio:** Zoran MANDIĆ

#### Uvod

Nakon otkrića u drugoj polovini 70-ih godina prošlog stoljeća da oksidirani poliacetilen posjeduje električnu provodnost blisku metalnoj, znanstveni i stručni interes za tu vrstu polimernih materijala neprekidno raste. Prve znanstvene aktivnosti u Hrvatskoj na tom području započela je prof. dr. Ljerka Duić, koja je na *Zavodu za elektrokemiju Fakulteta kemijskog inženjerstva i tehnologije (FKIT)* u Zagrebu pokrenula istraživanja elektrokemijske sinteze, njihove fizikalno-kemijske karakterizacije te primjene vodljivih polimera u različitim područjima znanosti i tehnike. Znanstvena djelatnost odvijala se unutar projekta *Elektrokemijska sinteza i karakterizacija električki vodljivih polimera* uz potporu i pod okriljem *Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta*.

Od tada pa sve do danas na *FKIT*-u postoji snažna i raznolika aktivnost na tom području znanstvenog istraživanja. Dobiveni znanstveni rezultati umnogome su pridonijeli poznavanju mehanizma elektrokemijske sinteze vodljivih polimera te su prepoznati i priznati u svjetskim razmjerima.

Danas se istraživanja provode unutar projekta *Temeljna i primijenjena istraživanja vodljivih polimera*, koji također financira *Ministarstvo znanosti, tehnologije i sporta*. Taj je projekt u potpunosti nastao na temeljima prethodnog projekta koji je vodila prof. dr. Ljerka Duić. Članovi istraživačke skupine na *FKIT*-u su, uz voditelja projekta dr. sc. Zorana Mandića, prof. dr. Ljerka Duić, dr. sc. Marijana Kraljić Roković te dipl. ing. Suzana Sopčić. Ta skupina istraživača aktivno surađuje sa *Sveučilištem Eötvösa Loránd*a iz Budimpešte, Mađarska, na bilateralnome hrvatsko-

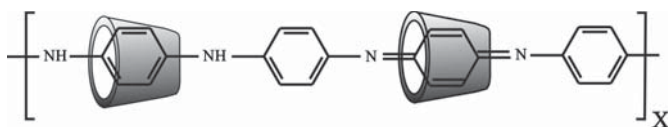
mađarskom znanstvenom projektu *Fundamental and applied research of conducting polymers*. Voditelj projekta s mađarske strane je prof. dr. sc. György Inzelt. U Hrvatskoj je aktivna suradnja ostvarena sa znanstvenom grupom koju vodi dr. sc. Višnja Horvat Radošević na *Institutu "Ruđer Bošković"*, čija znanstvena djelatnost obuhvaća primjenu tankih slojeva od vodljivih polimera u elektrokemijskim izvorima struje.

### Pregled istraživanja na projektu

Rad na ovom projektu uključuje interdisciplinarni aktivnosti iz različitih područja kemije, fizike, kemijskog inženjersva i inženjersva materijala. Iako se u nazivu projekta spominju temeljna i primijenjena istraživanja vodljivih polimera, ta su dva istraživačka područja međusobno čvrsto povezana. Glavni ciljevi projekta su proširiti temeljno razumijevanje mehanizma kemijske i elektrokemijske sinteze vodljivih polimera i objasniti mehanizam dopiranja te prijelaza naboja i transporta mase na i kroz vodljivi polimer. Dobivena znanja koriste se u pripravi i konstruiranju visokofunkcionalnih polimernih slojeva s prilagođenim fizikalno-kemijskim svojstvima za odgovarajuće primjene. Od temeljne je važnosti odrediti utjecaj uvjeta i mehanizma sinteze na kemijsku i fizikalnu strukturu polimernih slojeva te povezati strukturu sa svojstvima vodljivih polimera. Od rezultata dobivenih na ovom projektu očekuje se unapređenje postojećih i otvaranje novih primjena vodljivih polimera u znanosti, tehnologiji i medicini.

Iako su znanstvene aktivnosti na ovom području međusobno isprepletene, ukupna djelatnost može se razvrstati u nekoliko cjelina:

1. razvoj polimernih materijala i njihovih kompozita s povećanim specifičnim kapacitetima skladištenja naboja u usporedbi s materijalima koji se danas koriste kao aktivne elektrodne komponente u elektrokemijskim kondenzatorima velikih kapaciteta (e. *supercapacitors*) i sekundarnim (e. *rechargeable*) baterijama
2. priprava nanostrukturiranih i visokofunkcionalnih supramolekulnih struktura koje zbog jedinstvenih svojstava mogu naći primjenu u selektivnom prepoznavanju molekula i iona, kao i u razvoju molekularne elektronike i odgovarajućih uređaja za tu namjenu. Klasičan je primjer molekula polirotaksana, koja se sastoji od polimernog lanca provučenoga kroz prstenastu molekulu (slika 1). Osim polirotaksana postoje i druge supramolekulne strukture, kao što su katenani i kaliksareni.



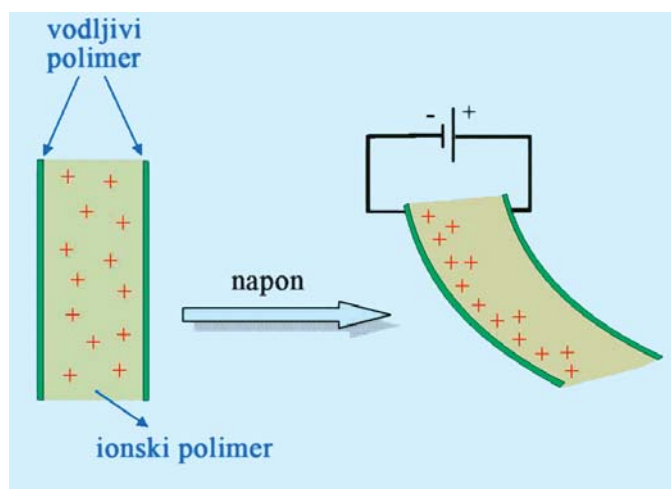
SLIKA 1 – Polirotaksanska molekula koja se sastoji od polianilinskog lanca provučenoga kroz više molekula cikloheksana

3. priprava materijala koji su podložni mehaničkim deformacijama pod utjecajem vanjskoga električnog polja za primjenu kao elektromehanički aktuatori u robotici i senzorskim uređajima (slika 2)
4. konstruiranje i razvoj polimernih elektrokromatskih materijala i uređaja (slika 3)
5. prevlačenje neplemenitih metala prevlakama od vodljivih polimera i njihova antikorozijska svojstva te
6. elektrokataliza različitih organskih i anorganskih elektrokemijskih reakcija na elektrodama prevučena tankim polimernim prevlakama.

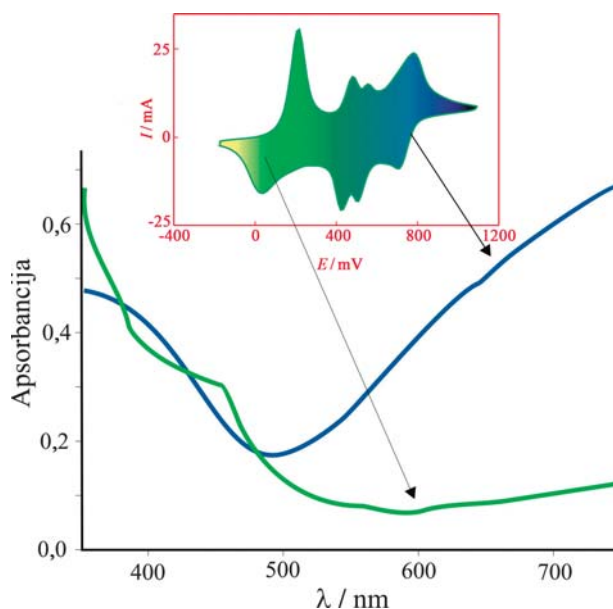
### Laboratoriji i oprema

Budući da velik broj procesa koji uključuju vodljive polimere obuhvaća prijelaze elektrona, najveći broj aktivnosti vezano za ovo područje pro-

vodi se u laboratorijima *Zavoda za elektrokemiju Fakulteta kemijskog inženjersva i tehnologije* u Zagrebu. Istraživačka oprema sastoji se od različitih potencioštata, a njome se provodi elektrokemijska sinteza te istraživanje prijelaza i transporta naboja u polimernim sustavima. Fazio osjetljivi detektori primjenjuju se za istraživanje mehanizma i kinetike elektrokemijskih reakcija, a elektrokemijska kvarcna mikrovaga (EQCM) sposobna je detektirati vrlo male promjene mase koje se događaju za vrijeme različitih elektrokemijskih procesa i reakcija. Elektrokromatska svojstva materijala prate se s pomoću UV/Vis. spektroskopije spregnute s potencioštatskim mjerenjima. Ostale potrebne spektroskopske analize (FTIR spektroskopija, Ramanova spektroskopija, fotoelektronska spektroskopija rendgenskim zrakama (XPS)) provode se u suradnji s različitim laboratorijima *Instituta Ruđer Bošković*, *PLIVE* te *Sveučilišta u Rijeci*. Elektronska mikroskopija radi se u suradnji s *Fakultetom strojarstva i brodogradnje u Zagrebu* (prof. dr. sc. Zdravko Schauerl).



SLIKA 2 – Elektromehanički aktuator na principu kompozita vodljivoga i ionskoga polimera



SLIKA 3 – Kromatska svojstva polianilina u ovisnosti o oksidacijskom stanju

### Popis radova tematski vezanih uz ovaj projekt

1. Duić, Lj., Kraljić Roković, M., Mandić, Z.: *Composite layers consisting of polyaniline and poly(o-phenylenediamine). Electrochemical deposition, their electrochromic and electrocatalytic properties*, Polymer Science B, prihvaćeno za tisak.

2. Mandić, Z., Kraljić Roković, M., Pokupčić, T.: *Polyaniline as cathodic material for electrochemical energy sources. The role of morphology*, *Electrochimica Acta*, 54(2009), 2941-2950.
3. Kraljić Roković, M., Jurišić, A., Žic, M., Duić, Lj., Schauerperl, Z.: *Manipulation of Polymer Layer Characteristics by Electrochemical Polymerisation from Mixtures of Aniline and ortho-Phenylenediamine Monomers*, *Journal of Applied Polymer Science*, 113(2009), 427-436.
4. Horvat-Radošević, V., Kvastek, K.: *Three-electrode cell set-up electrical equivalent circuit applied to impedance analysis of thin polyaniline film modified electrodes*, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 631(2009), 10-21.
5. Horvat-Radošević, V., Kvastek, K.: *Quantitative evaluation of experimental artefacts in impedance spectra of conducting polyaniline thin films measured using pseudo-reference electrode*, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 613(2008), 139-150.
6. Horvat-Radošević, V., Kvastek, K.: *Analysis of High-Frequency Distortions in Impedance Spectra of Conducting Polyaniline Film Modified Pt-Electrode Measured with Different Cell Configurations*, *Electrochimica Acta*, 52(2007), 5377-5391.
7. Kraljić Roković, M., Kalić, M., Duić, Lj.: *Influence of PANI Layer Protonation Degree on Corrosion Protection of Steel*, *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*, 21(2007), 59-64.
8. Kraljić Roković, M., Kvastek, K., Horvat-Radošević, V., Duić, Lj.: *Poly(ortho-ethoxyaniline) in corrosion protection of stainless steel*, *Corrosion Science*, 49(2007), 2567-2580.
9. Kraljić Roković, M., Duić, Lj.: *Electrochemical synthesis of poly(ortho-ethoxyaniline) from phosphoric and sulphuric acid solutions*, *Electrochimica Acta*, 51(2006), 6045-6050.
10. Horvat-Radošević, V., Kvastek, K., Kraljić Roković, M.: *Impedance spectroscopy of oxidized polyaniline and poly(o-Ethoxyaniline) thin film modified Pt electrodes*, *Electrochimica Acta*, 51(2006), 3417-3428.
11. Kraljić, M., Žic, M., Duić, Lj.: *O-phenylenediamine-containing polyaniline coatings for corrosion protection of stainless steel*, *Bulletin of Electrochemistry*, 20(2004), 567-570.
12. Duić, Lj., Kraljić, M., Grigić, S.: *Influence of Phenylenediamine Additions on the Morphology and on the Catalytic Effect of Polyaniline*, *Journal of Polymer Science, Part A: Polymer Chemistry*, 42(2004), 1599-1608.
13. Mandić, Z., Nigović, B., [imunić, B.: *The Mechanism and Kinetics of the Electrochemical Cleavage of azo bond of 2-hydroxy-5-sulphophenyl-azo-benzoic acids*, *Electrochim. Acta*, 49(2004), 607-615.
14. Kraljić, M., Mandić, Z., Duić, Lj.: *Inhibition of steel corrosion by polyaniline coatings*, *Corrosion Science*, 45(2003), 181-198.
15. Duić, Lj., Grigić, S.: *The effect of polyaniline morphology on hydroquinone/quinone redox reaction*, *Electrochim. Acta*, 46(2001), 2795-2803.

## Istraživanja mogućnosti uporabe uzgojina u proizvodnji plastičnih dijelova na *Kansas Polymer Research Center*

Jedan od najsnažnijih trendova u proizvodnji plastičnih tvorevina je svakako uporaba uzgojina, proizvoda iz tla ili iz obnovljivih izvora, za njihovo pravljenje. U tome je vrlo uspješan *Kansas Polymer Research Center* koji djeluje u okviru *Pittsburg State University* u SAD. Posebno se to odnosi na područje poliuretana. Odluka da se prikažu rezultati tog centra temelji se na činjenici da je osnivač Centra dugogodišnji suradnik časopisa *Polimeri*, prof. Zoran S. Petrović, važan član Centra je i te još jedan suradnik u časopisu, dr. sc. Ivan Javni.

Uredništvo

### Bio-environmental Research at Kansas Polymer Research Center

**Prepared by:** Zoran S. PETROVIC and Ivan JAVNI

#### Introduction

*Kansas Polymer Research Center (KPRC)* is a *Kansas Technology Enterprise Corporation (KTEC) Center of Excellence*, involved primarily in the development of materials from renewable resources. *KPRC* was started by Zoran Petrovic in 1994. Originally, it was a one-man operation, located in a converted student dormitory and without laboratories and equipment. *Pittsburg State University (PSU)* is a non-PhD granting school offering MSc as the highest degree. However, it is one of the few undergraduate universities in the USA with a strong accredited plastics technology program. The students have an opportunity to work on large machines for injection molding, extrusion, thermoforming, compression molding and blow molding as well as on machines for fabrication of composites.

Processing machines are frequently donated by manufacturers and after a time they are replaced with newer models. Therefore, students are provided an introduction to the latest technology in plastics processing. *KPRC*, on the other hand, is purely a research institution which complements practical work at the plastics technology program.

#### Development of KPRC

The first *KPRC* client was *Titleist- FootJoy*, a leading manufacturer of golf equipment. That cooperation was very fruitful resulting in six US patents. Dr. Ivan Javni contributed greatly toward several new developments on this project. Dr. I. Javni, formerly from *Soda-So*, *Tuzla* and *Zagreb*, joined the *KPRC* in 1995. The January 1998 issue of *Golf Digest* featured two of our gels used in golf shoes as the most advanced developments in golf equipment the previous year. One was a reversible, responsive gel, a liquid at room temperature which takes the shape of a foot and gels upon reaching body temperature. When the foot is removed, the gel goes back to a liquid state. The other gel was a light, soft material consisting 90% of mineral oil, used in shoes as midsole. The real breakthrough in research came after the *United Soybean Board (USB)* decided to fund our work on polyols for polyurethanes based on soybean oil. This relationship has been maintained today and it has been most helpful in securing funding for bio-based polyols.

Other projects have involved the aircraft industry. Since *Wichita, Kansas* is a world center of aviation industry (*Boeing, Hawker-Beechcraft, Cessna, Learjet, Raytheon, Airbus* etc) the *KPRC* has also been involved in projects on composites and nanocomposites.

Over time, the volume of work has grown and we have increased the space, acquired crucial equipment, installed several laboratories and hired new researchers. New projects came from the *US Department of*