

Walter MICHAELI
Institut für Kunststoffverarbeitung, Aachen

Posvećeno Prof. Georgu Mengesu za 80. obljetnicu rođenja
Dedicated to Prof. Dr. Ing. Georg Menges on the occasion
of his 80th birthday

Razvoj polimerijske tehnike u svjetlu 80. rođendana pionira toga područja – prof. Georga Mengesa

ISSN 0351-1871

UDK 378:678.0

Prethodno priopćenje / Preliminary communication

Primljeno / Received: 1. 10. 2003.

Prihvaćeno / Accepted: 15. 12. 2003.

Prijevod, redakcija i prirubci / Translation, editing and footnotes: Igor ČATIĆ

Sažetak

U povodu 80. obljetnice rođenja svjetski poznatoga stručnjaka na području polimerijske tehnike, prof. dr. sc. Georga Mengesa, opisana je njegova aktivnost i njegov utjecaj na razvoj obrazovanja i istraživanja na tom području od 1965. kada je počeo djelovati kao visokoškolski nastavnik i direktor Instituta za preradbu polimera (*Institut für Kunststoffverarbeitung, IKV*) u Aachenu. Dramatičnome proširenju uporabe plastičnih i gumenih tvorevina od početka njegova djelovanja, prvenstveno je pridonijelo usavršavanje postupaka proizvodnje materijala i tvorevina, temeljeno na spoznajama o konstruiranju polimernih proizvoda. Njegov koncept sjedinjavanja konstrukcije, materijalike i proizvodnje pokazao se uspješnim: postao je osnovom visokoškolske nastave i istraživanja na području polimerijske tehnike (inženjerstva) ne samo u Saveznoj Republici Njemačkoj. Još je jedan slogan obljetničara postao glasovitim: *istraživanje za praksu*.

KLJUČNE RIJEČI

povijest polimerstva
obrazovanje
istraživanje
Georg Menges

KEYWORDS

history of polymeric technology
education
research
Georg Menges

Progress of polymeric technology in the light of the eightieth birthday of Professor Georg Menges – pioneer in the field

Summary

Reminding the readers of the eightieth birthday of the world's leading expert in polymeric technology, Professor Georg Menges, the present author describes his activity and influence on the development

of education and research in this field since 1965, when he started to work as a university lecturer and director of the Institute for Polymer Processing (*Institut für Kunststoffverarbeitung, IKV*) in Aachen. At the beginning of his career the use of plastic and rubber products began to expand dramatically. The expansion was primarily caused by improvements in plastic processing procedures, based on our knowledge of the design of polymeric products. His concept, uniting the construction, material technology and production, proved successful and became the basis of university education and research in the field of polymeric technology, not only in Federal Republic of Germany. Professor Menges' dictum *research for praxis* was widely adopted by specialists in the field throughout the world.

Uvod / Introduction

Kada se spomene ime profesora Georga Mengesa, svi koji se bave s polimerijskom tehnikom znaju da se radi o stručnjaku izrazite osobnosti, osobi koja je tijesno povezana sa strelovitim razvojem skupine materijala koji obilježavaju naše doba, polimerima. Kada je G. Menges preuzeo 1965. Katedru za preradbu polimera i Institut za preradbu polimera na Tehničkom sveučilištu u Aachenu, bilo je to doba praktički jedne skupine konstrukcijskih^a materijala, čelika. O tome svjedoče i podatci. Tada se proizvodilo godišnje oko 40 milijuna m³ čelika (gustoća 7,8 g/cm³) i 3 milijuna m³ aluminija (gustoća 2,7 g/cm³). Istodobno je proizvedeno oko 11 milijuna m³ svih polimera (gustoća 1,1 g/cm³), od čega je udio vlakana i sintetskoga kaučuka oko 1,4 milijuna m³.

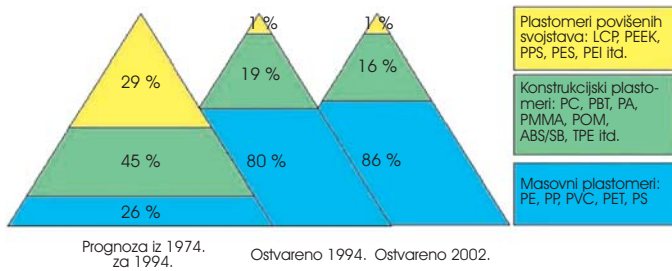
Sredinom šezdesetih znanost o proizvodnji polimernih tvorevina tek je započinjala svoj pobjedonosni hod. G. Menges je preuzimanjem navedenih dužnosti vrlo brzo shvatio budući razvoj polimera i potrebu da se znanstveno pristupi proizvodnji plastičnih i gumenih tvorevina. Kako je tada izgledao svijet polimera i proizvodnje polimernih tvorevina?

Početak stoljeća polimerstva / The beginning of the century of polymeric technology

Početakom šezdesetih godina prošloga stoljeća istraživalo se pretežno u laboratorijima velikih proizvođača polimera koji su vrlo rano uočili mogućnosti tih novih materijala. Znanstvena su istraživanja bila usmjerena na fiziku i kemiju polimera te polimerijsku procesnu tehniku (proizvodnju polimernih tvari i materijala) kao dijela procesne tehnike (nj. *Verfahrenstechnik*).

Do toga doba bili su proizvedeni svi najvažniji masovni polimeri. Daljnji se razvoj očekivao u prvome redu na području plastomera visoke toplinske postojanosti. Ta se očekivanja nisu ostvarila što je vidljivo iz slike 1.

^a Zanimljivo je da se u sličnim analizama ne spominje kao vrlo prošireni konstrukcijski materijal prirodni polimer drvo. Prema tome, navedena usporedba materijala odnosi se samo na umjetne materijale: čelik, aluminij te prirodne modificirane i sintetske polimere.



SLIKA 1. Procijenjeni i stvarni udjeli proizvedenih pojedinih skupina plastomera (izvor BASF, VKE)
 FIGURE 1. Estimated and real volumes of production of different thermoplastics (source BASF, VKE)

Zašto se nisu ostvarila očekivanja o povišenom udjelu konstrukcijskih plastomera, osobito onih povišenih svojstava, i koji su razlozi tome? Jedan je od razloga podcijenjena mogućnost da se prilagodavanjem strukture mogu mnoga svojstva masovnih plastomera poboljšati i prilagoditi traženim primjenama (slika 2).

Mogući razlog je i taj da su do sredine šezdesetih godina bili pronađeni svi masovni plastomeri. Međutim, proizvodni su postupci bili nedovoljno usavršeni, a razumijevanje je tih materijala bilo nedovoljno. Stoga je kemijskoj industriji uz povoljnu cijenu u narednim godina uvijek iznova uspijevalo od istih sirovina i osnovnih monomera usavršavanje postupaka polimeriziranja i uvođenje sve većega broja najrazličitijih dodataka, pripravljati materijale potrebnih proizvodnih i uporabnih svojstava.

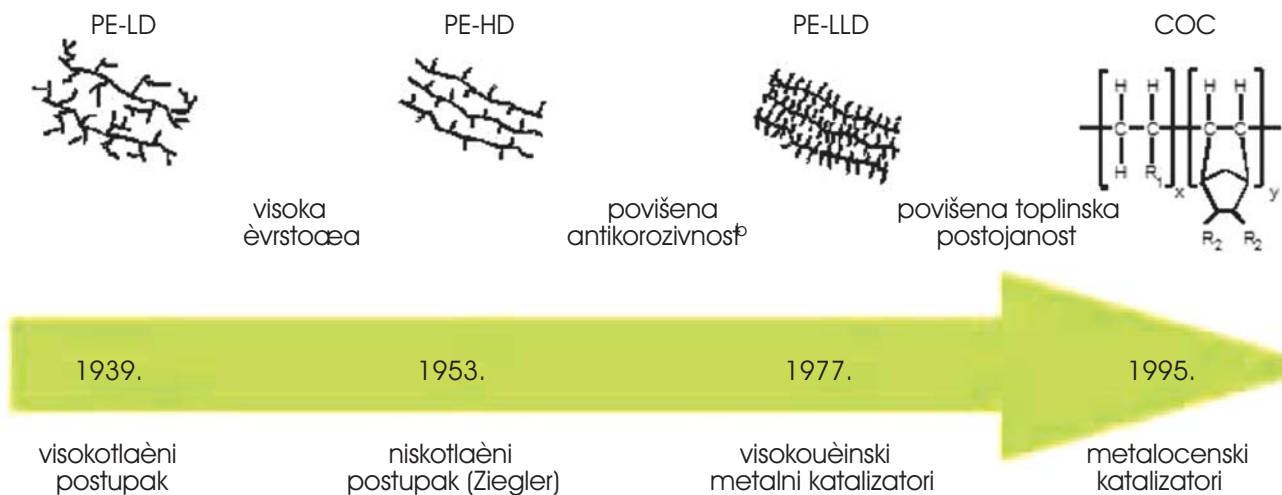
Ali ni to nije dovoljno objašnjenje za pobjedonosni hod masovnih plastomera. Važno je i ispravno konstruiranje s motrišta mogućnosti polimernih materijala i njihova iskorištavanja do dopuštenih granica. Istodobno, tijekom godina stekla su se nova znanja i spoznaje o ponašanju polimernih materijala općenito, pa tako i masovnih plastomera. A to je omogućilo shvaćanje povezanosti između zahtjeva na proizvod i mogućnosti materijala.

Središnje pitanje razvoja bili su proizvodni postupci koji su omogućili da se ti materijali pouzdano i s visokom ponovljivošću pretvaraju u visokovrijedne proizvode. Istodobno je važno pitanje: koje je ostale materijale moguće tako brzo reproducibilno i cjenovno povoljno pretvoriti u komplicirani proizvod. Nisu poglavito mjerilo za tako uspješno proširenje polimera bila njihova uporabna, već proizvodna^c svojstva.

S današnjega očista sve su to razumljivi stavovi. Ali tada je samo vizionar poput G. Mengesa shvatio da budućnost proširenja polimera nije u kemiji polimera već u mogućnostima proizvodnje polimernih tvari, tipičnome području proizvodnih znanosti. Tom vizionarstvu sigurno je pridonijelo njegovo iskustvo stručnjaka obrazovanoga na području materijalstva, dakle materijalike i proizvodne tehnike.

Od doba kada je Menges preuzeo i razvio IKV-e u vodeće svjetsko središte, na tome području postoji i nova definicija područja polimerijske tehnike (slika 3).^d

Polimerijska tehnika je ukupnost tehničkih znanja i spoznaja o materijalu, konstrukciji i proizvodnji polimernih tvari. Tek vladanje navedenim područjima i shvaćanjem njihove interaktivne povezanosti omogućuje tehnički uspješan i gospodarski opravdan razvoj novih proizvoda. Može se pridodati: i u ispunjavanju društvenih ciljeva u koje se ubraja i zaštita okoliša i Prirode. Suvremena Europa

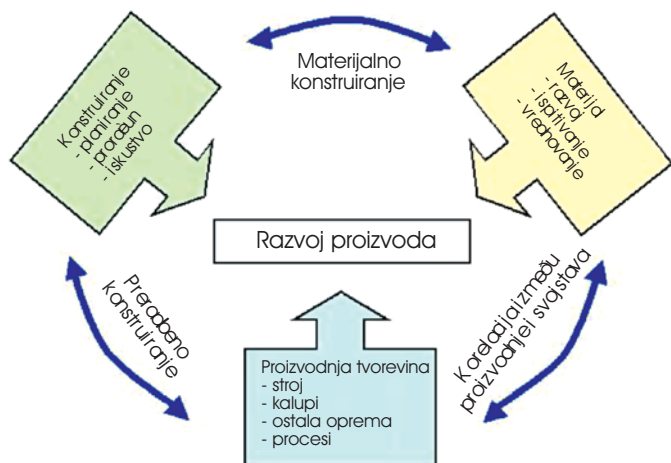


SLIKA 2. Evolucija polietilena
 FIGURE 2. Evolution of polyethylene

^b Tenzokorozija je pojava napuklina zbog zaostalih naprezanja i utjecaja medija (I. i R. Čatić: *Englesko-hrvatski rječnik polimerstva*, Društvo za plastiku i gumu, Zagreb 2002). Odgovarajući engleski izraz je *environmental stress cracking* ili *crazing*. Moguće je još razlikovati nazive: *thermal stress cracking* – toplinska tenzokorozija i *solvent stress crazing* – otopinska tenzokorozija. Antitenzokorozivnost označuje svojstvo povišene postojanosti tvari prema pojavi tenzokorozije.

^c Opravdano u predgovoru knjige H. J. Warneckea *Fraktalna tvornica*, O. Schiele piše: *Kada se misli na industriju, misli se na njezine proizvode. Javnost misli da su vozila, zrakoplovi, računala, televizori, ali i kemijske olovke te fotokopirni uređaji promijenili svijet. To je samo djelomično točno. Znatno su više svijet promijenili proizvodni postupci. Zato je potpuno opravdano tvrditi da je jedno od najvažnijih područja tehničkih znanosti evolucija proizvodnih postupaka. Moguć je i drugačiji iskaz. Nema vrhunskoga proizvoda bez vrhunske proizvodnje (npr. mikroelektronika, nanotehnika).*

^d Ravnopravan prijevod naziva *Kunststofftechnik* bio bi polimerijsko inženjerstvo (e. *polymer engineering*).



SLIKA 3. Područja tehničkih znanosti u polimerijskoj tehnici
FIGURE 3. Technical scientific fields in polymer technology

upravo tako doživljava današnje stanje polimerijske tehnike.^e Mnogi instituti i istraživački odjeli u industriji svojim radom prihvaćaju to motrište. Ali tada su takvim stavovima bile na putu mnoge prepreke.

U doba kada je G. Menges postavio svoj najvažniji cilj, stvoriti novu disciplinu tehničkih proizvodnih znanosti, tadašnji instituti strojogradnje bavili su se odvojeno konstruktorstvom, materijalnikom ili proizvodnom tehnikom. Međutim, to sve sjediniti u jednu cjelinu i novu disciplinu proučavajući interakciju proizvodnih postupaka i uporabnih svojstava proizvoda ili utjecaj materijala na konstrukciju, bila je ne samo smjela novost već i dalekovidni cilj. Istodobno se postavilo još jedno pitanje: ono o povezanosti prirodnih i tehničkih znanosti. Potreba tijesne povezanosti između tih dviju skupina znanosti postoji upravo na području polimerijske tehnike.

Povezanost tehničkih i prirodnih znanosti / Links between technical and natural sciences

U njemačkome znanstvenom okruženju važna je povezanost između prirodnih i tehničkih znanosti. Temeljni je zadatak prirodnih znanosti u toj zemlji oblikovanje temeljnih pretpostavki u razvoju novih materijala. Zadatak je pak tehničkih znanosti da izumima i inovacijama pretvara otkrića prirodnih znanosti u prihvatljiva tehnička rješenja. Pritom nije u pitanju samo razvoj novih proizvoda ili proizvodne opreme. U prvome se redu tu radi o cjelovitome inovacijskom lancu kojeg treba znanstvenim metodama i spoznajama oblikovati prema konkretnom cilju.

Znanstveno razumijevanje proizvodnje polimernih tvorevina zahtijeva primjenu zakonitosti termodinamike, mehanike fluida, mehanike i ponašanja dijelova od tih materijala. Ugrađivanje tih temeljnih sastavnica strojarstva bitan je element znanstvene koncepcije polimerijske tehnike.

Vrlo je rano G. Menges shvatio da je istraživanje nositelj inovacijskoga lanca. Još i danas je u očima teorijski usmjerenih, prvenstveno prirodnoznanstvenika, nerazumljiva ta znanstvena utemeljenost i povezanost prirodnih i tehničkih znanosti pri proučavanju proizvodnih procesa koji se zbivaju u realnoj opremi za proizvodnju polimernih tvorevina.^f

^e Među njima je od svoga početka i Katedra za preradu polimera na Fakultetu strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu. Ali i djelatnost svih organiziranih udruga na tom području u proteklih gotovo četiri desetljeća a koje sada simbolizira Društvo za plastiku i gumu.

^f Što misli o povezanosti prirodnih i tehničkih znanosti na području polimerstva u Hrvatskoj akademik V. Pravdić, inače po temeljnom zvanju inženjer? On je u časopisu *Encyclopaedia Moderna* napisao: *Zbog komunističkog egalitarizma šezdesetih godina omogućeno je hrvatskim stručnjacima da se doktorira iz svinjogojstva, mostogradnje, preradbe polimera i niza drugih društveno korisnih disciplina. To nisu znanstvene, već stručne, pragmatične discipline.* (br. 49, str. 249 iz 1998).

Ti su znanstvenici često pitali G. Mengesa, a i danas njegove nasljednike: *Kako se može baviti proučavanjem taljenja i tečenja jednoga polimera u jedinici za taljenje s pužnim vijkom kada su modeli za opis tečenja ili taljenja tek djelomično poznati? Prepoznatljiv odgovor G. Mengesa je u takvim slučajevima glasilo. Je li trebalo čekati da fizika stvori teorijsku osnovu pa tek tada razvijati pužno plastificiranje?*

Tipično je za tehničke, dakle akcijske znanosti, da sustavno proučavaju realne procese, ustanovljuju signifikantne utjecajne veličine i ustanove opća načela rješavanja zadataka. Samo primjenom znanstvenih metoda na industrijsku realnost pri razvoju, proizvodnji i uporabi proizvoda nastaje novo znanje potrebno razvoju tehnike.

Pritom se istraživači u tehničkim znanostima služe istim metodama kao prirodnoznanstvenici. *Modeli* nude mogućnost opisa uzroka i njihova utjecaja na ponašanje jednoga realnog sustava. Takav se model može računalno pohraniti i provjeriti u prividnosti.^g Upravo je G. Menges takvom računalnom modeliranju na području polimerstva dao prve poticaje.

Slijedi *eksperiment*. Spoznaje o ponašanju promatranoga sustava zahtijeva eksperiment koji ukazuje na jasne zaključke. To traži određivanje pogodnih rubnih uvjeta te ustanove sustavnosni parametri s pomoću odgovarajućih osjetila. Konačno, *usporedba* modelnih i eksperimentalnih rezultata omogućuje procjenu upotrebljivosti modelnih predodžbi. Pritom je G. Mengesu bilo jasno da uspješan rad IKV-a ovisi i o uključivanju matematičara, fizičara i kemičara, što je i uspješno provedeno u praksi.

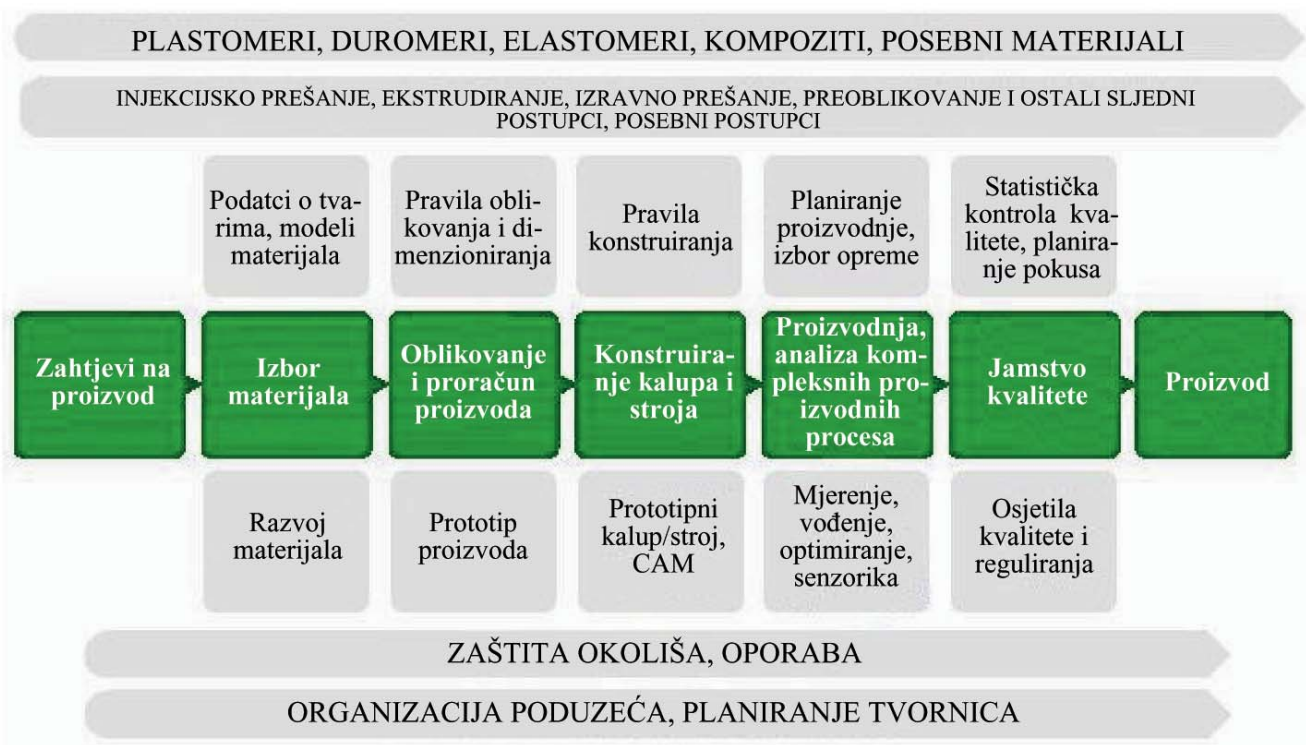
Na tim je načelima stvorena i do danas provjerena uspješnost strukture toga svjetski najpoznatijega instituta za proizvodnju polimernih tvorevina (slika 4).

Kako funkcionira institut poput IKV-a? / How does institute like the IKV works?

Istraživanje i razvoj temelji se na skladnom međudjelovanju mladih inženjera i prirodnoznanstvenika koji rade na određenim projektima do postizanja akademskoga stupnja doktora-inženjera^h ili doktora prirodnih znanosti. Njima u radu pomažu iskusni, stalno zaposleni tehnički i ostali stručnjaci te brojni demonstratori.

Tako organizirani institut nemoguće je financirati iz samo jednoga izvora, fakulteta kojemu pripada. Stoga je bila i jeste nužna novčana i materijalna podrška industrije, ali i obrta. G. Mengesu je uspjele osigurati takvu podršku i istraživački su rezultati postali dostupni objema temeljnim sastavnicama uspješnoga gospodarstva. IKV je već poodavno postala središnja obrazovna ustanova za potrebe obrta na ovom području polimerstva u Saveznoj Republici Njemačkoj. Proizvođači materijala, opreme i polimernih proizvoda shvatili su da se ostvaruje temeljni cilj kojeg je definirao G. Menges: *istraživanje za praksu*. Rezultate istraživanja i razvoja moglo se koristiti u svakodnevnici i tako trajno zadržati svoje vodeće mjesto u svijetu na području polimerijske tehnike.

Od brojnih istraživačkih rezultata iz razdoblja kada je na čelu IKV-a bio G. Menges moguće je navesti samo neke. Razjašnjeni su mehanizmi i modeli poput užljebljenih uvlačnih zona ekstrudera, važnost dijagrama ovisnosti *tlak-specifični obujam-temperatura* za fazu naknadnoga tlaka pri injekcijskome prešanju, uveden je u proračun polimernih dijelova pojam kritičnoga istezanja, računalno modeliranje i simuliranje, uvedeno je računalno u vođenje procesa itd.



SLIKA 4. Dijagram toka istraživačkih i razvojnih težišta u IKV-u
 FIGURE 4. Flow chart of research and development goals

Međutim, dosljedno su ta rješenja bila G. Mengesu samo sredstvo za ostvarivanje svrhe: optimalne proizvodnje polimernih tvorevina i potrebne opreme.

Istraživanjima za praksu postignut je još jedan važan cilj. Obrazovanje kadrova za velike izazove koji se postavljaju pred njemačke inženjere. Stoga je IKV-e omogućio obrazovanje na svim razinama. To se ostvarivalo radom demonstratora, izradbom diplomskih radova, a za dio najsposobnijih bilo je na raspolaganju radno mjesto koje omogućuje stjecanje odgovarajućih akademskih zvanja. Međutim, doktorandi su vodili projekte i stjecali neophodna iskustva u

vođenju financija, a osobito u vođenju istraživačkih timova. Danas se zna da je to jedno od najvećih dostignuća G. Mengesa. Tijekom njegova radna vijeka na IKV-u obrazovano je više od 1 300 diplomiranih inženjera i gotovo 250 doktora znanosti. Mnogi su današnji njemački vodeći kadrovi *učili zanat* u IKV-u.

U međuvremenu, na dvadesetak njemačkih sveučilišta i visokih škola postao je uobičajen Mengesov model obrazovanja polimerijskih inženjera. Povezuju se u cjelinu materijalika, konstrukcija i proizvodnja polimernih tvorevina. O tome svjedoči i udruga *Znanstveni krug sveučilišnih profesora polimerijske tehnike*.

⁹ Virtualna realnost – *virtual reality*.

^h U SR Njemačkoj na tehničkim sveučilištima dodjeljuje se akademsko zvanje Dr.-Ing. što odgovara našem stupnju doktora tehničkih znanosti.

DOPISIVANJE / CORRESPONDENCE

Prof. Dr.-Ing. Walter Michaeli, Institut für Kunststoffverarbeitung, RWTH Aachen

Pontstr. 49, D-52056 Aachen, Njemačka / Germany, Tel.: +49 241 809 38 06, Faks: +49 241 809 22 62, www.ikv-aachen.de

Plastika u Kini

Stope rasta kineskoga gospodarstva i kapaciteti njegova tržišta toliko su veliki da utječu na svjetsko gospodarstvo u cjelini. Rast plastičarskoga sektora Kine, potražnja za plastičarskim proizvodima na tom milijardskome tržištu, te razmjeri njihova utjecaja na plastičarsku industriju svijeta, tema su dvodnevne konferencije koja će se pod nazivom *Plastika u Kini* u veljači 2004. održati u Londonu.

U organizaciji časopisa *European Plastics News*, *Plastic & Rubber Weekly* i *Asian Plastics News* zainteresirani će pokušati definirati mogućnosti kineskoga tržišta i predvidjeti kako će razvoj Kine utjecati na poslovanje u drugim dijelovima svijeta. Glavni razlozi održavanja konferencije kao i zainteresiranost koju su velike tvrtke pokazale za nju jesu kineska povećana potražnja za plastikom te vrlo niski proizvodni troškovi koji izazivaju nelagodu i opasnost za poslovanje u zemlji koja je za većinu poslovnih ljudi još uvijek nepoznanica.

www.reinforcedplastics.com