

JEDNO VIĐENJE NAUKE O MATERIJALIMA U JAPANU

Momčilo M. Ristić

Nauka o materijalima predstavlja jednu od naučnih oblasti kojoj se u Japanu posvećuje izuzetna pažnja. Osnovna istraživanja u vodećim kompanijama i na univerzitetima usmerena su uglavnom na rešavanje problema koji predstavljaju bazu daljih tehnoloških istraživanja i razvoja.

Programi iz oblasti nauke i tehnologije materijala u celini posmatrano, uzročno povezuju fundamentalna istraživanja, razvoj kadrova i razvojna istraživanja. To se nameće kao objektivna ocena aktuelnih aktivnosti pojedinih univerziteta i kompanija. Pri tom treba posebno naglasiti, da se istraživanjima obezbeđuje usavršavanje postojećih tehnologija, ali i razvoj novih materijala kojima se obezbeđuje razvoj tehnologija budućnosti.

Uočljiv je, isto tako, veliki naglasak na keramičke oksidne i neoksidne materijale, amorfne materijale (nemetalne i metalne), superprovodne materijale (nisko- i visokotemperaturne) itd.

Školovanje kadra za rad u oblasti nauke i tehnologije materijala obavlja se na specijalizovanim fakultetima ili osecima, koji imaju sve karakteristike multidisciplinarnih škola. Ovo je posebno karakteristično za poslediplomske studije (Tokijski tehnološki institut i Konan univerzitet).

Da bi obuka kadra na univerzitetu mogla da bude optimalna smatra se da broj studenata na univerzitetu treba da bude 5000-10 000. Broj studenata po nastavniku i saradniku (predavač-asistent) na pojedinim univerzitetima je sledeći:

- Tokijski tehnološki institut 6,9
- Osaka univerzitet 6,7
- Kjoto univerzitet 5,7
- Konan univerzitet 7,8

Ovakav odnos omogućava stalan i neposredan kontakt nastavnika i saradnika sa studentima, što doprinosi efikasnijem studiranju. Prema statističkim podacima studije u određenom roku (4 godine) završava oko 80% studenata.

Interesantno je istaći da se studenti uključuju u istraživački rad već posle druge godine studija, tako što eksperimentalne vežbe iz pojedinih predmeta obavljaju u okviru odgovarajućih naučnoistraživačkih programa koji se izvršavaju na univerzitetu.

Magistarski i doktorski radovi obavezno predstavljaju delove određenih naučno-istraživačkih programa, pri čemu magistarske studije (sa odbranom teze) traju 2

Detaljan izveštaj se nalazi u RZ Nauke Srbije, Beograd

godine, a izrada doktorske teze (sa odbranom) traje tri godine.

Tokijski tehnološki institut vršio je analizu zapošljavanja kadra koji je diplomirao na ovom institutu. Interesantno je da se posle diplomiranja u industriji i komercijalnoj struci zapošlava svega 29%, dok se taj procenat povećava za 79% za diplomirane magistre nauka. To daje veoma upečatljivu sliku i o nivou industrije i njenim potrebama.

Veoma dobro obučeni kadar na univerzitetima je u stanju da se dovoljno brzo uklopi u rešavanje konkretnih zadataka po zahtevu kompanija, a u okviru toga i odgovarajućih istraživačko-razvojnih centara. Međutim, i ovde se vodi posebna pažnja o omogućavanju razvoja kadra uz rad. To se može videti, na primer, po planiranju kadra Kompanije Tošiba:

	1987. god.	1992. god.
Dr	5%	7%
Mr	50%	73%
dipl.inž.	45%	20%

U kompanijama se, u poslednje vreme, naročita pažnja poklanja istraživanju i razvoju novih keramičkih materijala. Oni se koriste za proizvodnju rotora za avionske motore, delova za kosmičke letilice i gasne turbine, sastavne delove za mikrotalasno i solarno grejanje, elektrode za korozijske tečne elektrolite, mikroprocesore, sunčeve fotovoltaične ćelije, razne alate itd.

Specifične električne osobine keramike koja se razvija u pojedinim kompanijama osnova su za njeno korišćenje u elektronici, posebno kao dielektrika i supstrata integrisanih kola.

Japan veoma odlučno i dobro koordinira istraživačke i razvojne napore u cilju maksimalnog korišćenja prednosti keramike, bilo da se radi o proizvodnji tradicionalne keramike, bilo da se radi o keramici za delove za motore i elektronske sastavne delove. Pri tom, japanski proizvođači napredne keramike za elektroniku su mišljenja da treba više horizontalno povezati primenu elektronske keramike.

Tipično je za Japan da se proizvodnja brojnih keramičkih proizvoda vrši u velikim kompanijama kao što su, na primer Tošiba i Tojota. One proizvode delove za toplotne mašine, od kojih su neki već postali komercijalni. Drugi proizvodi napredne keramike su rezna keramika, kondenzatori, integrisana kola.

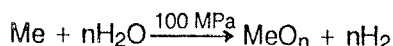
Razvoj novih materijala u Japanu, posebno keramičkih, pomaže vlada. Japansko ministarstvo za

međunarodnu trgovinu i industriju koordinira istraživačku aktivnost između univerziteta i kompanija, da bi se smanjilo dupliranje i minimizirali istraživački rashodi. To utiče na brzo širenje istraživačkih rezultata svih kompanija u oblasti osnovnih istraživanja. Ulaganja Japana u razvoj nove keramike do 2000-te godine su reda 25 biliona dolara.

Imajući u vidu da razvoj napredne keramike prevažno zavisi od dobijanja prahova određenih karakteristika na japanskim univerzitetima sada 17 grupa proučava sintezu keramičkih prahova korišćenjem tehnike rastvora, reakcija u gasnoj fazi i reakcija u čvrstoj fazi. Osim toga u mnogim kompanijama se vrše proučavanja čiji se rezultati ne publikuju.

U vezi sa ovim u Japanu Ministarstvo za obrazovanje, nauku i kulturu finansira dugoročni projekat „New Investigation of Functional Ceramics“. Projektom rukovodi prof. Mitsue Koikumi sa Osaka Univerziteta, a istraživačku ekipu sačinjava 70 univerzitetskih saradnika sa različitih univerziteta. Tako na primer, S.Naka sa grupom na Nagoja Univerzitetu proučava sintezu ultradisperznih čestica barijum-heksaferita koji sadrži prahove trećih elemenata. Na taj način se dobija $\text{BaFe}_{12-x}\text{Gd}_x\text{O}_{19}$ i $\text{BaFe}_{12-x}\text{Co}_x\text{O}_{19}$ čija je veličina čestica 0,01-0,2 μm .

Prof. S.Somiya sa grupom na Tokijskom Institutu za tehnologiju proučava intenzivno hidrotermalnu sintezu prahova različitih oksida. On je otkrio da se oksidacijom metalnih prahova u hidrotermalnim uslovima mogu dobiti veoma fini oksidni prahovi:



gde je $\text{MeO}_n = \text{ZrO}_2, \text{HfO}_2, \alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ itd.

On takođe, proučava sintezu mešanih prahova ovom tehnikom.

Posebna pažnja se u Japanu posvećuje (Kjuši Univerzitet, Fukuoka) proučavanju dobijanja MgO hemijskim taloženjem iz gasa (CVD MgO) reakcijom para magnezijuma i kiseonika na oko 800°C.

Tako se dobijaju veoma fine monokristalne čestice (<0,2 μm). Sinterovanjem ovog praha na 1300°C u toku 45 min. mogu se dobiti uzorci čija je gustina 99% od teorijske (UBE INDUSTRIES, Ltd.).

U okviru navedenog programa naročita pažnja se posvećuje istraživanjima i razvoju neoksidne keramike, a pre svega Si_3N_4 , AlN , SiC itd.

Kompanije Macušita i Fudži (Fuji Electric Corporate Research and Development - Nagasaka) naročitu pažnju posvećuju dobijanju cink- oksidnih varistora koji sadrže okside retkih metala. Ovi varistori pokazuju značajne prednosti u odnosu na druge tipove bilo da se koriste kao nisko- ili visoko-naponski. Tako, na primer,

cink-oksadni varistori sa prazeodimijum-oksdom imaju visoku nelinearnu strujno-naponsku karakteristiku. Oni se dobijaju mešanjem praha ZnO sa malim količinama aditivnih komponenti kao što su Pr_6O_{11} , Co_3O_4 , Cr_2O_3 i K_2CO_3 ; smeša se potom presuje i sinteruje na temperaturi 1100°C. Njihov karakteristični parametar nelinearnosti je 50. To je posledica sledećih procesa. Za vreme sinterovanje nestehiometrijskog oksida Pr_6O_{11} dolazi do razvijanja kiseonika zbog redukcije ($\text{Pr}_6\text{O}_{11} = 3\text{Pr}_2\text{O}_3 + \text{O}_2$). Kiseonik se hemisorbuje na granicama zrna ZnO . Ova hemisorpcija generiše elektronska međupovršinska stanja na granicama zrna, što direktno utiče na mehanizam provođenja i visoku nelinearnost varistora.

Za razliku kod bizmut-oksadni varistora koji imaju u granicama zrna spinelnu fazu $\text{Zn}_7\text{Sb}_2\text{O}_{12}$ prazeodimijumski tip ima dvofaznu strukturu koja zato što ne sadrži spinelnu fazu ima povećanu aktivnu granicu zrna kroz koju može da teče električna struja. Ovaj povećani efektivni presek doprinosi poboljšanim performansama komponente.

U Japanu se, isto tako, veoma velika pažnja posvećuje istraživanjima i razvoju novih visokotemperaturnih superprovodnika, pri čemu se neka saopštenja o dostignućima u ovoj oblasti graniče sa fantastikom.

Sumitomo Electric Co je 29. juna 1987. god. objavio da je utvrdio električnu otpornost „nula“ na 300 K (27°C) u pet keramičkih uzoraka Y-Ba-Cu-O koji su sadržavali fluor; ovi uzorci su bili diskovi debljine 3 mm i prečnika 7 mm. Međutim, Sumitomo nije kasnije objavio da je ove rezultate ponovio.

ETL laboratorija u Tsukuba 24. juna 1987 je objavila da je superprovodni prelaz identifikovan na 338 K (65°C) u stanju $\text{SrBaYCu}_3\text{O}_{7-y}$. Uzorci su načinjeni od prahova SrCO_3 , BaCO_3 , Y_2O_3 i CuO koje je proizveo Rare Metallic Co. Međutim, do danas nije objavljeno da su ponovljeni ovi rezultati.

U velikom broju radova smatra se da je superprovodna ona faza u kojoj postoji manjak kiseonika. Deficit zavisi od uslova dobijanja (temperatura i parcijalni pritisak kiseonika).

Dozvoljava se da postoje dve osnovne kristalne faze u $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$:

- * jedna sa tetragonalnom strukturom, koja je stabilna za $y > 0,5$ (ova faza nije superprovodna),
- * druga sa ortorombičnom strukturom, koja je stabilna
- * za $y < 0,5$; ona je superprovodna sa prelazom oko 95 K.

Visokotemperaturni superprovodnici u obliku žice imaju široku primenu (elektromagneti, elektrogeneratori, kablovi, solenoidi itd.). Maksimalna gustina struje u superprovodnicima u obliku žice reda veličine 10^3 A/cm^2 na 77 K postignuta je u kompanijama Toshiba

(720 A/cm²), Nippon Steel (350 A/cm²) i National Research Institute for Metals (250 A/cm²).

Metoda dobijanja superprovodničke žice sastoji se u punjenju cevi sintetizovanim prahom superprovodnika u metalnu cev (srebro ili legura bakar-nikal) prečnika 8-15 mm, koja se potom valja do prečnika 1 mm (unutrašnji prečnik $\leq 0,5$ mm). Potom se ovako dobijena žica greje na 800-1000°C. Žice superprovodnika obložene legurom bakar-nikal imaju nešto višu kritičnu temperaturu od onih koje su obložene srebrom.

Superprovodnici u obliku tankih slojeva imaju veliku budućnost primene u elektronici. Istraživanjima i razvojem ovih superprovodnika pokazano je da itrijumova keramika ima veoma visoku strujnu karakteristiku: $3,2 \cdot 10^4$ A/cm² (Summitomo Electric) i $2 \cdot 10^{106}$ A/cm² (NTT).

Summitomo Electric je ove superprovodnike dobio naparavanjem na supstrate u plazmi. Tanak sloj je polikristalan, ali sa kristalima koji su orijentisani paralelno sa orijentacijom supstrata. Kritična temperatura ovog superprovodnika iznosi 77 K.

NTT dobija tanke filmove „magnetronskim naparavanjem“ YBa₂Cu₃O_{7-y} na supstrat SrTiO₃ na temperaturi 700°C u atmosferi kiseonika ili argona. Dobijeni monokristali su debljine oko 0,6 μ m i srednje veličine oko 2 mm. Kritična temperatura ovog superprovodnika je u granicama 84 i 90 K.

Japanske kompanije posvećuju posebnu pažnju maksimalnom i brzom prikupljanju informacija, koje predstavljaju nezamenljivu bazu za rad na programima budućnosti. Tako su, na primer, sve vodeće kompanije postale članovi - sponsori Američke informacione baze o dijagramima stanja keramičkih sistema (članarina 200.000 \$).

Saglasno koordinisanim programom saradnje u oblasti nauke i tehnologije materijala u Japanu se organizuju različiti međunarodni naučni skupovi, na kojima se tretiraju različita pitanja savremenog razvoja nauke i tehnologije određene uže oblasti. Tako je, na primer, od 4.-6. novembra 1987. godine organizovan IV. Međunarodni simpozijum i izložba o nauci i tehnologiji sinterovanja (IV. International symposium and exhibi-

tion on science and technology of sintering) održan u Tokiju (Ikebukuro Sunshine - City).

Simpozijum su organizovali Tokyo Institute of Technology i Nikkan Koguo Shibun Ltd., u ime Međunarodnog instituta za nauku o sinterovanju čiji je pokrovitelj Srpska akademija nauka i umetnosti.

Na Simpozijumu su saopštena 274 rada u okviru osam sekcija, na kojima su razmatrani sledeći problemi:

1. Dobijanje metalnih prahova i njihovo sinterovanje (42 rada)
2. Dobijanje metalnih prahova SiC i Si₃N₄ i njihovo sinterovanje (42 rada)
3. Savremena elektronska keramika (61 rad)
4. Fundamentalni problemi sinterovanja i mikrostruktura sinterovanih materijala (61 rad)
5. Specijalni sinterovani materijali (biokeramika, kompozitni materijali itd.) (16 radova)
6. Savremene hemijske sinteze neorganskih prahova (22 rada)
7. Superprovodnici (19 radova)
8. Istorija nauke o sinterovanju (14 radova)

Osim toga prikazan je i 91 rad u poster-sekciji. Ovi radovi su, takođe, razmatrali napred navedenu problematiku.

U radu Simpozijuma učestovalo je preko 600 naučnika iz 23 zemalja, od čega 29 članova Međunarodnog instituta za nauku o sinterovanju (iz 11 zemalja).

Sledeći V. Međunarodni simpozijum sa letnjom školom o sinterovanju organizovaće 1991. god. u Vankuveru (Kanada), takođe Međunarodni institut za nauku o sinterovanju, dok će se VII Svetska konferencija o sinterovanju održati tradicionalno u Herceg-Novom 1989 godine.

*Dr. Momčilo M. Ristić, dipl.ing.
Srpska akademija nauka i umetnosti
Beograd*