

Přednáška

POZNATKY O ZÁKLADNÍM VÝZKUMU MATERIÁLŮ V USA

JOSEF MATOUŠEK

*Vysoká škola chemicko-technologická, katedra technologie silikátů
166 28 Praha 6, Suchbátarova 5*

Článek shrnuje poznatky o struktuře a obsahovém zaměření základního výzkumu v oboru anorganických nekovových materiálů v USA. Stručně jsou charakterizovány základní směry výzkumu a uvedeny některé úkoly, řešené v současné době na některých univerzitách a výzkumných pracovištích velkých průmyslových společností.

ÚVOD

Základní výzkum v oboru anorganických i organických materiálů je ve Spojených Státech soustředěn na univerzitách a ve výzkumných ústavech velkých průmyslových společností. Vzhledem k šířce materiálového oboru a rozmanitosti problematiky je obtížné postihnout detailně obsahovou náplň úkolů, které se řeší na uvedených institucích. Bude proto věnována pozornost obecným poznatkům o organizaci a zaměření základního výzkumu, zejména v oboru anorganických nekovových materiálů, a některým vazbám s výzkumem dalších materiálů a s výzkumem aplikovaným. Tyto poznatky vyplynuly z pobytu na některých amerických univerzitách (Case Western Reserve University-Cleveland, University of California — Berkeley, University of California — Los Angeles, University of Missouri — Rolla, Rensselaer Polytechnic Institute — Troy, New York) a z návštěv průmyslových výzkumných ústavů (Glass Division Research Laboratories PPG — Creighton, National Bureau of Standards — Gaithersburgh, Corning Glass Works Research and Development Laboratories, Bell Telephone Laboratories, Murray Hill) a konečně z účasti na některých konferencích („Ceramics in Severe Environments“ — NASA Cleveland, „Boron in Glass and Glass Ceramics“ — Alfred University, „American Ceramic Society 79th Annual Meeting“ — Chicago).

ORGANIZACE A FINANCOVÁNÍ VÝZKUMU

Současný výzkum v oblasti materiálů vychází z hledisek a potřeb, které jsou definovány ve zprávě komise americké akademie věd (Committee on the Survey of Materials Science and Engineering). Komise podala přehled o současném stavu materiálového výzkumu v USA, o jeho perspektivách a potřebách a dále navrhla opatření pro zvýšení jeho efektivnosti. Podle zprávy, kterou komise vypracovala v roce 1974, je úkolem materiálového výzkumu vyhledávat a aplikovat poznatky o struktuře, složení a výrobě materiálů, o jejich vlastnostech a o možnostech jejich praktického použití.

Do sféry materiálů náleží podle této zprávy kovy, keramika, sklo, polymery, polovodiče, materiály kompozitní a v širším pojetí také přírodní materiály (dřevo, písek, kámen, přírodní vlákna). Význam, který se přikládá výzkumu jednotlivých materiálů, lze do určité míry posoudit podle rozdělení federálních fondů na vývoj a výzkum v r. 1971, jež jsou shrnuty v tabulce I.

Tabulka I

Rozdělení federálních fondů na vývoj
a výzkum materiálů
(milióny US \$)

kovové materiály	97,6
organické materiály	53,6
anorganické nekovové materiály	61,9
kompozitní materiály	25,9
jiné materiály	15,9

Vedle tohoto výzkumu, podporovaného federální vládou, je v USA velmi významný vývoj a výzkum, dotovaný velkými průmyslovými společnostmi. Údaje o nákladech na tento výzkum jsou shrnuty v tabulce II, v níž pro srovnání jsou uvedena i data o dalších průmyslových oborech.

Tabulka II

Náklady na průmyslový vývoj a výzkum
(milióny US \$)

	1971	1975
ocel	122	149
neželezné kovy	165	234
papír	153	166
guma	281	336
sklo a keramika	170	198
petrochemie	492	606
potravinářství	208	263
textil	60	81

Z uvedených údajů vyplývá rozhodující úloha průmyslového výzkumu v oblasti materiálů. V roce 1971 činily např. náklady na výzkum kovových materiálů na univerzitách cca 25 % z celkové částky. Obdobný podíl mají univerzity i ve výzkumu anorganických nekovových materiálů.

V posledních 10—15 letech byla na univerzitách zřízena centra materiálového výzkumu. V současné době jsou tyto laboratoře (Materials Research Laboratories) řízeny a finančně dotovány prostřednictvím National Science Foundation. Další výzkumné programy jsou finančně podporovány především NASA (National Aeronautics and Space Administration), AEC (Atomic Energy Commission) a dalšími společnostmi a institucemi. Přes tato organizační opatření a státní subvence zůstává podle názoru zmíněné komise hlavním problémem nízká efektivita univerzitního výzkumu ve smyslu vývoje nových materiálů. Za hlavní příčinu tohoto stavu je považováno slabé zastoupení interdisciplinárního a aplikovaného výzkumu na amerických univerzitách. Přínos univerzit pro další rozvoj výroby a výzkumu materiálů

je ovšem především ve výchově nových odborníků. Ročně absolvuje cca 1000 studentů s hodností B. S. a cca 300 s vědeckou hodností Ph.D. se zaměřením na materiálový obor. Pro zvýraznění úlohy univerzit v rozvoji materiálového oboru doporučuje komise americké akademie věd univerzitám dbát o interdisciplinární přístup ve výzkumu a v oblasti výchovy rozšířit výuku základního předmětu „Nauka o materiálech“. Tento předmět má vytvořit u posluchačů obecnou základnu v celé šíři materiálového oboru a přispět k univerzálnosti a adaptabilitě vysokoškolsky vzdělaných odborníků. Témata doktorských prací mají být zaměřena na výzkum nových materiálů a metod jejich výroby, na matematické modelování technologických procesů a systémovou analýzu, a na zkoumání vztahů mezi strukturou, vlastnostmi a funkcí materiálů v technické praxi. Univerzitní i průmyslová vědeckovýzkumná pracoviště mají rozšířit vzájemnou spolupráci především formou výměny poznatků v oboru základního výzkumu. Uvedená opatření mají pouze charakter doporučení a jejich realizace v amerických podmínkách závisí na mnoha okolnostech.

Pokud jde o interní organizaci materiálového výzkumu na univerzitách, je třeba uvést, že vědecko-pedagogickou činností v oboru anorganických materiálů se zabývají katedry, které zpravidla sdružují metalurgii, sklo a keramiku (Department of Metallurgy and Materials Science, nebo Department of Materials and Engineering apod.). Vlastní experimentální práce provádějí uchazeči o hodnost M.S. a Ph.D. a tzv. „postdoctors“, tj. zpravidla noví absolventi s hodností Ph.D., přijatí na přechodnou dobu v rámci fondů, poskytnutých univerzitám na výzkum. Vědecká práce v laboratořích materiálů, ustavených při katedrách, je řízena profesory katedry. Experimentální práci zde vykonávají pracovníci různých kategorií (technici, M. S., Ph. D.). Pro současné poměry v USA je typické, že značnou část doktorantů a „postdoctors“ tvoří cizinci, často z rozvojových zemí.

Pro významná centra velkých průmyslových společností je příznačný interdisciplinární přístup všude tam, kde je to účelné vzhledem k povaze vyvíjeného materiálu, nebo s ohledem na jeho aplikaci. Často dochází k redistribuci pracovníků s cílem posílit pracovní týmy, jejichž výsledky slibují brzkou aplikaci a návratnost prostředků vynaložených na výzkum. V tomto směru je organizace výzkumu velmi dynamická a vyžaduje značnou adaptibilitu výzkumných pracovníků.

VĚDECKOVÝZKUMNÉ PROBLÉMY

Obsahová náplň vědeckovýzkumných problémů, které se řeší v současné době v oboru materiálů, je velmi rozmanitá a není proto možné ji úplně popsat v rámci tohoto článku. Následující stručná charakteristika má posloužit k seznámení s některými směry výzkumu v oboru keramických materiálů a skla, které jsou v současné době rozvíjeny na uvedených univerzitách a ústavech. Charakteristickým rysem výzkumu v tomto oboru je soustředění na poznání struktury materiálů v atomárních a makroskopických dimenzích a hledání souvislostí těchto poznatků s vlastnostmi materiálů a s jejich chováním při aplikaci. Cílem výzkumu zpravidla je predikce chování materiálů a příprava nových materiálů s požadovanými vlastnostmi. Vedle tohoto směru je významně zastoupeno studium procesů probíhajících při výrobě materiálů.

Značný rozsah prací je věnován výzkumu struktury skel. Je používána difrakce rentgenových paprsků pod malými úhly, fluorescenční spektroskopie, Ramanova a infračervená spektroskopie a nukleární magnetická rezonance. Vedle experimentálního přístupu se uplatňuje i přístup založený na formulaci geometrického modelu struktury skel, a dále postupy založené na kvantově-chemickém výpočtu elektronové struktury skel. Pozornost je věnována struktuře povrchu skel a jejímu vlivu na mechanické vlastnosti, reaktivitu a chemickou odolnost. Práce o struktuře se nezabývají pouze skly křemičitými, ale i skly fosforečnými, chalkogenními, oxido-chloridovými a oxido-fluoridovými, a to především ve spojitosti s jejich optickými, magnetickými a elektrickými vlastnostmi.

Rovněž struktura keramických materiálů je zkoumána s ohledem na jejich nové aplikační možnosti. Jde o materiály na bázi titaničitanů, lanthanidů, karbidů křemíku a bóru, nitridů křemíku, bóru a hliníku, kordieritu, kysličníku yttritového a zirkoničitého, feritů apod. S ohledem na možnost zpracování těchto materiálů (lisování, slinování) je zkoumána struktura mezifázových rozhraní a vliv stechiometrie některých sloučenin na jejich vlastnosti.

Při výzkumu vlastností materiálů jsou vedle standardních zkoušek vyvíjeny testy pro ověření chování materiálů za náročných podmínek jejich aplikace. V této souvislosti je kladen velký důraz na výzkum mechanických vlastností a zkoumání mechanismu deformace materiálů při působení mechanického napětí, často za zvýšených teplot. Cílem prací je predikce chování materiálů za pomoci spolehlivé teorie deformace a lomu. Pokud je to možné, vychází se při tom ze znalosti struktury materiálů. Do kategorie těchto prací náleží např. studium vlivu stechiometrického složení hořečnato-hliníkových spinelů a materiálů na bázi UO_2 na jejich mechanické vlastnosti. U některých materiálů (SiC , Si_3N_4) je ověřován vliv teploty a korozního prostředí na jejich stabilitu. Rovněž výzkum vlastností skel, zvláště těch typů, jež slibují nové aplikační možnosti (např. skla dopovaná Ge, B, P ...), je významně zastoupen. Nadále je věnována pozornost studiu koroze skel, jejich povrchových vlastností, a možnostem zlepšení vlastností skel vůbec (úprava povrchu skla, skla na bázi odpadních surovin). Perspektivně je např. uvažováno o využití zbytků břidelic po extrakci nafty, o využití odpadních surovin chemického průmyslu apod. Sklářský průmysl může zavedením tohoto typu technologií přispět k rozvoji tzv. uzavřených výrobních cyklů některých technologií. Takto vyrobené sklářské produkty nemusí vždy představovat pouze doplňkovou výrobu, ale mohou poskytnout skla a sklokeramické materiály s technicky zajímavými vlastnostmi (chemická odolnost, teplotní roztavnost ...).

Kombinace materiálů představuje další možnost přípravy materiálů s novými, z hlediska aplikace výhodnými vlastnostmi. Sklo a keramické materiály jsou používány jako matrice těchto materiálů, nebo jako výztuž matric z jiných materiálů. Výzkumu mechanických a chemických vlastností kompozitních materiálů je věnována pozornost z hlediska nalezení souvislostí mezi mikrostrukturou a vlastnostmi kompozit a dále z hlediska dějů, které probíhají na rozhraní mezi jednotlivými fázemi kompozit (smáčení, difúze, elektrochemické děje).

Některé keramické materiály nacházejí použití v moderní medicíně pro implantaci do lidského organismu. Jsou vyvíjeny materiály na bázi hydroxyapatitu, které se připravují krystalizací z roztoků a sintrováním na

мaтeриaл пoзaдoвaнe гyтнoстe. Прeдмeтeм вьзкyмy je нaлeзeниe oптимaлнoм нoвoгo пoдмeнeк прo слинoвaниe нa мaтeриaл пoзaдoвaнe гyтнoстe.

Пoкyд je o oблaст мaтeриaлoвe тeхнoлoгe, прeвлaдa вьзкyм тeч прoцeсoв, кoтoрe сe oплaтнyт при пpипрaвe мaтeриaлoв с влaстнoстми злeпшeннoм oпрoтe мaтeриaлoв трaдицeннoм a в дyслeдкy тoгo i с нoвнoм aплeкaцeннoм мoжнoстми. Je зeймeнa o вьзкyм пpипрaвe склeнeннoм влaкeн прo тeлeкoмyникaцeннoм yцeлy, прoцeсoв нyклeacе a кpыстaлизaцe a прoцeсoв пoврeхoвe yпpaвy скeл. U нoвнoм кeрaмeккнoм мaтeриaлoв je зкoмaн прeдeвшeм прoцeс слинoвaниe (SiC , Si_3N_4). Рoвнeж jsou зкoмaн прoцeсy, oплaтнyтe сe при нoвнoм aплeкaцeннoм мaтeриaлoв (нaпp. мaтeриaлy прo мeдeцинaлнeм yцeлy, склa a кeрaмeккe мaтeриaлy прo сoдeкoвe члaнкy, склa прo фeкaцe рaдиoaктивнeм oпaдoв).

Нaвштeвeнe yстaвy, звлaштe пpмьслoвeгo вьзкyмy, jsou вeсмeш вьбaвeнy мoдeрнeм пpштpoжe, кoтoрe oмoжнyт вьсoкy oрoвeн eкспeрeмeнтaлнeм пpaцe. Вeдe стaндaрднeм зaрeжeнe прo пpипрaвy, тeпeлнy oпoзeкe a мeрeнe влaстнoстe мaтeриaлoв jsou пpaoвeштe вьбaвeнa пpштpoжe прo aнaлнy (eлeктpoнoвнoм мeкрoaнaлнzaтoр, рaдкoвaцe eлeктpoнoвнoм мeкрoскoп, Aугeрoвa спeктpoскoпe a мeкрoскoпe, ESCA a SIMS aнaлнzaтoрy). Вe срoвнaнe с вьбaвeнeм нaшeм лaбoрaтoрe вьyжeвaт aмeрeкa пpaoвeштe aвтoмaтeккy пpaoвeжeнe зaрeжeнe прo зкoмaнe слoжeнe a прo чaрaкeрeстeккy пoврeхy склa a кeрaмeккe мaтeриaлoв. Тaтo зaрeжeнe jsou вeлeм eтeлeвa a пoдстaтнe yрeчлyт a yснaднyт aнaлнeкa мeрeнe. Jeжeч eкoнoмeккe вьyжeтe je вшaк вeштeнoм мoжнe jeн в пpпaдe сeрeювнoм мeрeнe. Зeймeнa в пpмьслoвeм вьзкyмy je нa вeлeм дoбрe oрoвнe oргaнeзaцe слyжeб a пoмoцнoм пpaoв.

ЗAВEР

Зaвeрeм je тpeba здyрaзнeт, жe тaтo стpучнa инфoрмaцe нeмoжe вьстeлнoт eцoлy шeрe вьзкyмннoм пpблeмoв в мaтeриaлoвeм oбoрy, дoкoнцe aнe пp зyжeнe нa кeрaмeккe мaтeриaлy a склa. Je спeшe o yрeчeтe пoглeд нa тyтo пpблeмaтeккy, кoтeрe вьплывa з пoзнaткoв зeскaннoм пp пoбьтy нa нeкoтeрнoм yнeврeзeтaчe a вьзкyмннoм yстaвeч. Нeкoтeрe пoзнaткy o oргaнeзaцe a o вьoвoжeннoм трeндeч вe вьзкyмy aнoргaнeккe мaтeриaлoв в США нaзнaчyт, жe i прo зaкaдaннe вьзкyм je чaрaкeрeстeккa снaхa o вьштe eфeктeвeтy a зaмeрeнe нa вьзкyм тeч мaтeриaлoв, кoтeрe слeбyтe бpзкoу aплeкaцe. Рoвнeж тeхнoлoгeккe прoцeсy jsou зкoмaн прeдeвшeм в сoвeслoстe сe зaвeдeнeм вьрoбe нoвнoм мaтeриaлoв a с jeжeч чoвaнeм в пpaxe. Дaлшe вьoвo смeрyжe к eнтeрeдeслeпeлeнaрнeм пoжeтe вьзкyмy a к рoзшeрeнe кooпeрaцe мeзe yнeврeзeтeнeм a пpмьслoвнoм вьзкyмeм.

СВЕДЕНИЯ О ТИПЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ В США

Йозеф Матоушек

Кафедра технологии силикатов, Химико-технологический институт, Прага

Фундаментальное исследование в области неорганических неметаллических материалов преимущественно направляется на отыскивание и применение сведений относительно их структуры, свойства и производства. В области керамических и многокомпонентных материалов разыскиваются материалы, свойства которых пригодны для при-

менения в особых, часто и экстремальных условиях, Интенсивно исследуется область электротехнической керамики, в то время как в области стекла разыскиваются оптимальные процессы производства разных видов стекол, предназначенных для дальней связи. Некоторые из разработанных способов находятся в настоящее время уже на полупроизводственном уровне.

Одновременно разыскиваются способы использования промышленных отходов при варке стекла, производстве стеклокерамических и керамических материалов, обладающих весьма интересными техническими свойствами.

Фундаментальное исследование сосредоточено на университетах и научных базах крупных промышленных организаций. В этой области проявляется стремление координировать работу обоих типов научных центров с тем, что учитывается особая роль университетов при подготовке теоретически подкованных специалистов. Дальнейшее развитие направлено на межотраслевую организацию исследования, что уже начинает проявляться на некоторых университетах в работе лабораторий, предназначенных для исследования материалов.

BASIC MATERIALS RESEARCH IN THE USA

Josef Matoušek

*Department of the Technology of Silicates,
Institute of Chemical Technology, Prague*

Basic research in the field of inorganic non-metallic materials is mostly aimed at finding and application of knowledge of their structure, properties and manufacture. In the field of ceramics and composites the research is concerned with materials the properties of which meet special and in some instances extreme performance requirements. Particular attention is paid to electrotechnical ceramics and in the field of glass optimum technologies are sought for the production of various types of glass suitable for diverse telecommunication purposes. Some of the new technological procedures have already reached the stage of pilot plant operation.

Utilization of industrial waste materials in the manufacture of glass, glass-ceramics and ceramics having interesting performance properties is also being dealt with.

Basic research is concentrated at universities and in research establishments of big industrial corporations. There is a tendency towards co-ordination of work in the two types of institutions while respecting the special position of universities which have the main purpose of training theoretically skilled experts. Further development shows a trend towards interdisciplinary conception of research which is beginning to be undertaken at certain universities within the framework of Materials Research Laboratories.