

Основні види технічних керамічних матеріалів

Кераміка (грецьк. *keramike* — гончарне мистецтво, від *keramos* — глина), неметалічні матеріали й вироби, що одержують спіканням глини або порошоків неорганічних речовин. За структурою кераміка підрозділяється на грубу, яка має грубозернисту неоднорідну в зламі структуру (пористість 5–30 %), і тонку — з однорідною дрібнозернистою структурою (пористість <5 %). До грубої кераміки відносять багато будівельних керамічних матеріалів, наприклад, лицьова цегла, до тонкого — порцеляна, пьезо- і сегнетокераміку, ферити, кермети, деякі вогнетриви й ін., а також фаянс, напівпорцеляну, майоліку. В особливу групу виділяють так звану високопорувату кераміку (пористість 30–90 %), до якої звичайно відносять теплоізоляційні керамічні матеріали.

Типи кераміки. Залежно від хімічного складу розрізняють оксидну, карбідну, нітридну, силіцидну й інші типи керамік. Оксидна кераміка характеризується високим питомим електричним опором (10–10 Ом см), межею міцності на стиск до 5 ГПа, стійкістю в окисних середовищах у широкому інтервалі температур; деякі види — високотемпературною надпровідністю (наприклад, иттрий-барієва кераміка, кераміка на основі вівсуму або ртуті, пніктидна та ін.), а також високою вогнетривкістю. Серед оксидної кераміки найбільше поширення одержали наступні види.

1. Алюмосилікатна кераміка на основі $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ або з кожного з цих оксидів окремо. Кремнеземиста кераміка містить більше 80 % SiO_2 і підрозділяється на кварцову й динасову кераміку. Першу виготовляють із кварцового скла або жильного кварцу, другу — спіканням кварциту в присутності Fe_2O_3 і Ca(OH)_2 . Кварцова кераміка має високу термічну й радіаційну стійкість, радіопрозорість, високу кислотостійкість й вогнетривкість. По мірі збільшення вмісту Al_2O_3 у керамічних матеріалах збільшується вміст муллиту $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, що сприяє підвищенню міцності й термостійкості кераміки, зниженню її кислотності. До кераміки, що містить близько 28 % Al_2O_3 , відносять «напівкислі» матеріали (вогнетриви, порцеляна, фаянс, гончарні вироби), а також каолінову вату, теплоізоляційні матеріали на її основі, шамотні вогнетриви й ін. Корундова кераміка, що містить > 90 % Al_2O_3 , характеризується високим електричним опором при температурах до 1500°C, високими межами міцності при стиску (3–4 ГПа) і вигині (~ 1 ГПа).

З алюмосилікатної кераміки виготовляють посуд, деталі й футеровку коксових і мартенівських печей, ракет, космічних апаратів і ядерних реакторів, носії для каталізаторів, корпуси галогенних ламп, кісткові імпланти, деталі радіоапаратури й багато чого іншого.

2. Кераміка на основі SiO_2 та інших оксидів. До цього типу матеріалів відносять кераміку складу $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$ (кордиеритова), ZrSiO_4 (цирконова), $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Li}_2\text{O}$ (сподуменована), $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-BaO}$ (цельзіанова кераміка). Для виготовлення такої кераміки звичайно використовують глину, каолін, тальк, карбонати Ba, Li і Ca, MgO, мінерали



Вироби із технічної кераміки для різних галузей народного господарства.
Technical ceramic ware for different applications.



Дистанційно керовані підводні апарати-роботи для дослідження континентального шельфа на глибоководних ділянках (Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова).
Remote control submarine robots for examining the continental shelf on deep-water zones (National University of Shipbuilding Named After Admiral Makarov).

евкрипит, сподумен, петаліт, ашарит, трепел, вапняк. Застосовують у виробництві радіотехнічних деталей, теплообмінників, вогнетривів, ізоляторів авто- і авіасвічок та ін.

3. Кераміка на основі TiO_2 , титанатів і цирконатів Ba, Sr, Pb, а також кераміка на основі ніобатів і танталатів Pb, Ba, K і Na. Така кераміка характеризується високим електричним опором, високою діелектричною проникністю й застосовується в електроніці й радіотехніці.

4. Кераміка на основі MgO. Одержують із магнетиту, доломіту, вапняку, хромомангезиту, синтетичного MgO; як добавки використовують CaO, Cr_2O_3 , Al_2O_3 . Магнезіальну кераміку, що містить 80 % MgO, застосовують для виготовлення вогнетривів. Кераміка із чистого MgO використовують для виробництва ізоляторів МГД генераторів, ілюмінаторів літальних апаратів, в якості носіїв для каталізаторів. Магнезіально-вапнякову (містить більше 50 % MgO, 10 % CaO), магнезіально-хромову (60 % MgO, 5–18 % Cr_2O_3), хромомангезитову (40–60 % MgO, 15–30 % Cr_2O_3) і хромітову (40 % MgO, 25 % Cr_2O_3) кераміку застосовують для виготовлення вогнетривів. Кераміка із хромітів La і Y використовують у якості високотемпературних електронагрівників (що витримують нагрів до 1750°C) та працюють в окисному середовищі.

5. Шпінельна кераміка на основі феритів головним чином Ni, Co, Mn, Ca, Mg, Zn. Має, як правило, феромагнітні властивості й здатна утворювати тверді розчини заміщення. Застосовують таку кераміку для виготовлення магнітопроводів, сердечників котушок та ін. деталей у пристроях пам'яті тощо.

6. Кераміка на основі оксидів BeO, ZrO_2 , HfO_2 , Y_2O_3 , UO_2 . Хімічно стійка й термостійка. Так, кераміка з BeO (бром-мелітова кераміка), отримана спіканням BeO з додаванням інших оксидів (близько 0,5 %), наприклад Al_2O_3 , ZrO_2 , має найбільшу теплопровідність серед керамічних матеріалів і здатна розсіювати нейтрони. Використовують її при виготовленні електровакуумних приладів, тиглів для плавки тугоплавких металів, наприклад Pt, Be, Ti. У кераміку з ZrO_2 звичайно вводять стабілізатори (Y_2O_3 , CaO, MgO), що утворюють з ним тверді розчини; застосовують для виготовлення високотемпературних нагрівачів, захисних обмазок, для ізоляції індукторів високочастотних печей та у якості конструкційної кераміки.

До карбідної кераміки відносять карборундову кераміку, а також матеріали на основі карбідів Ti, Nb, W. Всі види такої кераміки мають високі електро- і теплопровідність, вогнетривкість, стійкість в безкисневому середовищі (кераміка на основі SiC, що стійка до 1500°C у окисних середовищах). Карборундову кераміку виготовляють із порошку SiC або випалом C у Si. Вона має високу межу міцності при стиску. Карбідну кераміку використовують як конструкційні матеріали, вогнетривів, для виготовлення високотемпературних нагрівачів електричних печей і інструментів у металообробній промисловості (кераміка на основі карбідів Ti, Nb, W).

До нітридної кераміки відносять матеріали на основі BN, AlN, Si_3N_4 , (U, Pu) N, а також кераміку, одержану спіканням сполук, що містять Si, Al, O, N (по початкових буквах елементів, що входять у кераміку,

її називають «сіалон»), або сполуки, що містять Y, Zr, O і N. Виготовляють таку кераміку спіканням порошків в атмосфері азоту при тиску до 100 МПа, гарячим пресуванням при 1700–1900°C. Кераміку з Si_3N_4 одержують реакційним спіканням порошку Si у середовищі N_2 ; у цьому випадку звичайно утворюється пориста кераміка. Нітридна кераміка характеризується стабільністю діелектричних властивостей, високою механічною міцністю, термостійкістю, хімічною стійкістю в різних середовищах. Межа міцності на згин для кераміки з BN становить 75–80 МПа, для кераміки з AlN—200–250 МПа, для кераміки з Si_3N_4 — до 1000 МПа. Керамічні нітридні матеріали застосовують для виготовлення інструментів у металообробній промисловості, тиглів для плавки деяких напівпровідникових матеріалів, СВЧ ізоляторів та ін. Кераміка з Si_3N_4 — конструкційний матеріал, що замінює жароміцні сплави з Co, Ni, Cr, Fe.

Серед силіцидної кераміки найпоширенішою є кераміка з дисиліцида Mo. Вона характеризується малим електричним опором (170–200 мкОм см), стійкістю в окисних середовищах (до 1650°C), розплавах металів і солей. Виготовляється спіканням порошку MoSi_2 з добавками Y_2O_3 та ін. оксидів. Застосовують для виготовлення електронагрівників, що працюють в окисних середовищах.

Із чистих фторидів, сульфідів, фосфідів, арсенідів деяких металів виготовляють оптичну кераміку, що застосовується у ІК-техніці. При виготовленні кераміки з глини й нееластичного матеріалу останній подрібнюють у кульових млинах, а глини з додаванням води розмелюють у стругачах або розпускають у змішувачах; отримані суспензії дозують і зливають у змішувальні басейни. Залежно від способу формовання суспензію обезводнюють у фільтр-пресах або розпилювальних пристроях. З порошків з вологістю до 12 % по масі вироби формують одним із видів пресування; при формованні мас з вологістю 15–25 % послідовно використовують розкочування, видавлювання, допресовку, формовання на гончарному колі й обточування. Із суспензій з вологістю 25–45 % (ливарних шлікерів) вироби формують литтям у гіпсові, пористі пластмасові й металеві форми. При виготовленні технічної кераміки ливарний шлікер готують із нееластичних порошків, додаючи в тонкомолоту суміш вихідної сировини термопластичні речовини (наприклад, парафін, віск), олеїнову кислоту і деякі поверхнево-активні речовини; вироби формують всіма згаданими способами, у т. ч. вібропресуванням. Відформовані вироби піддають сушінню (у випадку застосування водорозчинної зв'язки) або випалюють органічну зв'язку.

Кермети. Це композиційні матеріали, що містять метали (чи сплави) і один або кілька видів кераміки. У порівнянні з вихідними компонентами мають поліпшені властивості. Композиції, у яких присутність кераміки поліпшує властивості металу, називають дисперсно-озміцненими керметами або інфракерметами, композиції, у яких метал поліпшує властивості кераміки, — ультракерметами.

У якості керамічної складової в керметах звичайно використовують оксиди Al, Be, Mg, Zr, Th, U, карбіди W, Ti, Ta, Nb, Cr, боридаи Zr, Ti, а в якості металевої — тугоплавкі метали (W, Mo й ін.), метали групи



Кераміка на основі MgB_2 для плавленої текстурованої кераміки на основі $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ - (ТТ-YBCO).
Ceramics based on MgB_2 for melt-texturing ceramics based on $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ - (ТТ-YBCO).

Fe і легкоплавкі метали (Cu, Al, Mg). До керметів відносять також тверді сплави на основі Ni, Co й карбідів W, Ti, Ta, Mo, що характеризуються високою твердістю, міцністю, жаростійкістю й жароміцністю.

При виборі вихідних компонентів керметів керуються принципами їх хімічного, фізичного й технологічного узгодження. Хімічне узгодження припускає відсутність хімічної взаємодії між керамічними й металевими складовими, фізичне — відсутність взаємного розчинення при нагріванні й необхідне поєднання властивостей компонентів (коефіцієнт теплового розширення, модуль пружності тощо), технологічне узгодження — близькість температур спікання керамічних і металевих складових керметів, беруть до уваги розходження значень густини компонентів, змочування легкоплавким компонентом більше тугоплавкого.

Для керметів на основі оксидів найчастіше використовують метали, які утворюють оксиди, ізоморфні основному оксидному компоненту керметів, і такі, що утворюють взаємні тверді розчини. У керметах на основі карбідів використовують метали, які не утворюють карбіди або обмежено розчиняють вуглець; у керметах на основі нітридів — метали, що не утворюють стійких нітридів або обмежено розчиняють азот.

Вироби з керметів одержують головним чином спіканням, а також просоченням керамічної пористої заготовки розплавленим металом, осадженням металів з розчинів на поверхні керамічних часток. Вихідні порошки одержують подрібненням (іноді спільно) у кульових, вібраційних та ін. млинах, використовуючи як середовище органічні рідини. Для попередження розшарування порошків або суспензій внаслідок розходження густини металу й кераміки в суміш вводять в'язкі рідини й різноманітні добавки. Після висушування порошки формують пресуванням, шлікерним литтям, видавлюванням, прокаткою тощо. Спікання керметів у печах здійснюють в атмосфері інертного газу чи у вакуумі. На цій стадії намагаються уникати окислювання, азотування або карбідизації металу й відновлення оксидів, а також дисоціації нітридів і карбідів.

За властивостями і застосуванням розрізняють: 1) високотемпературні кермети, що використовуються для виготовлення деталей газових турбін, арматури електропечей, у ракетній і реактивній техніці й т. д. До цієї групи керметів відносять, наприклад, матеріали з Al_2O_3 -Cr, Al_2O_3 -ThO₂-Cr-Mo, Al_2O_3 -W-Cr, а також більшу групу керметів на основі карбіду Ti з Ni, Co, Cr, Mo, W, Al та їх сплавами; 2) тверді зносостійкі кермети, використовують для одержання деталей, які працюють на зношування, а також як ріжучі інструменти. До цієї групи керметів відносять матеріали на основі карбідів і нітридів Ti, Te, Hf та ін.; 3) кермети, що використовують в спеціальних областях техніки, — в атомних реакторах (тепловиділяючі елементи й ін. деталі з композицій UO_2 Al, MgO-Ni, Al_2O_3 -Cr), в електротехніці й електронній техніці (C-Cu для електрошліток, ThO₂-Mo або ThO₂-W для посилення емісійної здатності катодів тощо), у гальмових пристроях (деякі фрикційні матеріали, що містять металеві й неметалічні компоненти — Cu, Fe, Ni, Co, Al_2O_3 , SiO₂ та ін.).



Кераміка на основі MgB_2 для плавленої текстурованої кераміки на основі $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ - (ТТ-YBCO).
Ceramics based on MgB_2 for melt-texturing ceramics based on $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ - (ТТ-YBCO).

Main types of ceramic materials

Ceramics (*greek* κεραμική (τεχνή) — fictile craft κεραμοίς — clay), non-metallic materials and ware produced out of sintered clay and non-organic powders. Ceramic fracture appearance can be coarse (outwardly crude and nonuniform, porosity is up to 5–30 %) and fine (fine grained and uniform, porosity < 5 %). Coarse ceramics is presented by lots of construction materials (such as facing bricks and etc.); fine — by porcelain, piezo- and ferroelectric ceramics, ferrites, cermets as well as refractory ceramics and faience, semiporcelain and maiolica. High-porous ceramic materials (porosity of 30–90 %) stand out as separate group and comprise thermal insulating ceramics.

Ceramic material types. Ceramics differs in chemical composition which can be oxidic, carbidic, nitride, silicide and etc.

Oxide ceramic materials possess such properties as high specific electrical resistivity (10x10 Ohm x cm), ultimate compressive strength — up to 5 hPa, oxidizing medium resistance in a wide temperature range. Some materials like yttrium barium, bismuthiferous, amalgam or pnictidium ceramics have high-temperature superconductivity and high fire resistance. The most common ceramics of oxide type are:

1. Aluminosilicate ceramics; it consists of SiO_2 — Al_2O_3 or either of these two oxides. Silicic ceramics presented by quartz and silica ceramics contains 80% of SiO_2 . The first one is produced out of quartz glass (or gangue quartz); the second — out of quartz glass sintered with Fe_2O_3 and $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Quartz ceramics offers such properties as high heat endurance and radiation resistance, radio transparency, high acid stability and fire resistance. For these materials, content of $3\text{Al}_2\text{O}_3$ — 2SiO_2 grows along with a rise of Al_2O_3 content that brings to strength and heat stability increasing and acidity lowering. Ceramics based on 28 % of Al_2O_3 includes such semiacid materials as refractory ceramics, porcelain, faience and clay ware as well as kaoline wool, thermal insulating materials and fire-clay (chamotte) refractory. Alumina ceramics based on above 90 % of Al_2O_3 has high electrical resistance at temperatures up to 1500°C, high compressive strength — 3–4 hPa and bending strength ~ 1 hPa.

Aluminosilicate ceramics is used in hollowware industry and in production of components and lining for coke and Martin furnace, space missiles, vehicles and nuclear reactors; mediums for reaction accelerators; halogen tube cases; bone implants; radio equipment and things.

2. Ceramics based on SiO_2 (and other oxides); it consists of SiO_2 - Al_2O_3 -MgO (cordierite ceramics), ZrSiO_4 (zircon ceramics), SiO_2 - Al_2O_3 - Li_2O (spodumene ceramics), SiO_2 - Al_2O_3 -BaO (celsian ceramics). It is produced out of loam, kaolin, talk, carbonates of Ba, Li and Ca, MgO and such minerals as eucryptite, spodumene, petalite, ascharite, tripoli and limestone. It is meant for radio equipment, heat-exchanging units, refractory materials and insulators of ignition spark plugs in auto- and aircraft engineering.

3. Ceramics based on TiO_2 , titanates and zirconates of Ba, Sr, Pb; niobates and tantalates of Pb, Ba, K and Na. It exhibits such characteristics as high specific electrical resistivity and permittivity and has application in electronics and radio- engineering.

4. MgO-based ceramics. It is produced out of magnesium carbonate, dolomith, limestone, magnesite chrome, synthetic MgO and admixtures of CaO, Cr_2O_3 , Al_2O_3 . Magnesia ceramics based on 80 % of MgO is used for manufacturing of refractory materials. Pure MgO ceramics — for magnetohydrodynamic generator insulators, flying vehicle illuminators, mediums for reaction accelerators. Magnesite-calcareous (contains above 50 % of MgO, 10 % of CaO), magnesite-chrome (60 % of MgO, 5–18 % of Cr_2O_3), chrome-magnesite (40–60 % of MgO, 15–30 % of Cr_2O_3), chrome-ore (40 % of MgO, 25 % of Cr_2O_3) ceramics — for refractory materials. La and Y-based ceramics — for manufacturing of hearths; it resists heating to 1750 °C and works in

oxidizing medium.

5. Spinel ceramics based on ferrites, mainly, Ni, Co, Mn, Ca, Mg, Zn. It possesses ferromagnetic and substitutional solution making properties and is used for production of coil flux guides and cores and other storage device components.

6. Ceramics based on BeO, ZrO_2 , HfO_2 , Y_2O_3 and UO_2 . It is spalling- and chemical resistant. Bromellite ceramics produced out of BeO sintered with admixtures of other oxides (about 0,5 %), for instance, Al_2O_3 , ZrO_2 , exhibits the highest thermal conductivity among other ceramic materials; it can scatter neutrons. It is used for production of electron discharge devices, melting pots for heat of refractory metals such as, for example, Pt, Be, Ti. ZrO_2 -based ceramics can contain some solid solution-making admixtures of Y_2O_3 , CaO, MgO. It is destined for production of hearths, protective coatings, isolation of power coils and structural ceramic materials.

Carbide ceramic materials consist of silicon-carbide ceramics as well as other materials based on carbides of Ti, Nb, W. All these types offer such properties as high electrical and thermal conductivity, fire resistance and resistance to attack by anoxic environment (SiC -based ceramics resist heating to 1500°C in oxidizing medium). Silicon-carbide ceramics out of sintered SiC powder or out of carbon burnt in Si exhibits high ultimate compressive strength. Carbide ceramics is used as structural material, as refractory material, for production of hearths for electrically heated furnaces and tools in metal-based manufacturing industry (ceramics based on Ti, Nb, W carbides).

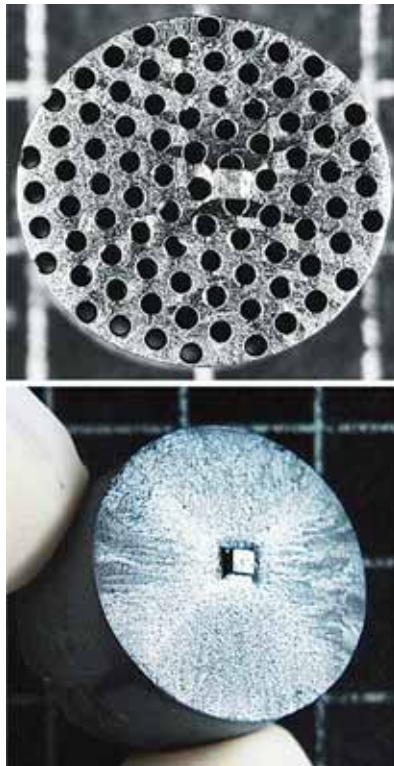
Nitride ceramic materials consist of BN, AlN, Si_3N_4 , (U, Pu)N and ceramics produced out of sintered compounds of Si, Al, O, N (they call it «sialon» due to initial letters of component names), or compounds of Y, Zr, O and N. Powders sintering goes in nitrogen atmosphere under pressure of 100MPa or in hot-coining process at a temperature of 1700–1900°C. Si_3N_4 -based ceramics is made of Si-powder sintered in N_2 -environment; the way porous ceramics is produced. Nitride ceramics possesses stability of dielectric properties, high mechanical strength, thermal resistance, chemical durability in different environments. For BN-based ceramics ultimate bending strength comes to 75–80 MPa, for AlN-based ceramics — 200–250 MPa, for Si_3N_4 -based ceramics — up to 1000 MPa. Nitride ceramic materials are used for production of tools in metal-based manufacturing industry, melting pots for heat of some semiconductive materials, microwave insulators and etc. Si_3N_4 -based ceramics is structural material that can replace heat-resistant alloys of Co, Ni, Cr, Fe.

Ceramic materials based on molybdenum disilicide are commonly encountered as silicide ceramics. It offers low electrical resistivity (170–200

mcOhm x cm), oxidizing, molten metal and salt medium resistance (up to 1650°C). It is produced out of sintered MoSi_2 powder and Y_2O_3 — admixture and other oxides. It is used in electric heating units and work in oxidizing medium.

Pure fluorides, sulfides, phosphides and arsenides of some metals are used for production of optical ceramic materials feasible for IR equipment.

Ceramics is manufactured out of clay and finely pebbled nonplastic materials. Clay water mixture processed at clay-slicing machine or mixer and batched is poured in blending basins. Considering the molding process such a clay slurry is drained in filtering presses or atomizers. Articles are molded out of powders (moisture — up to 12 % by weight) compression. If mix moisture comes to 15–25 % then mixture is linearly rolled, pressed, repressed, shaped at throwing wheel and weltd. If mix moisture comes to 25–45 % (casting mixture) articles are molded in gypsum, cellular plastic or metal moulds. Casting mixture for engineering ceramics is prepared out of nonplastic powders: fine powder admixed with thermoplastic material (for example, paraffine, wax), oleic acid and some surface-active materials. Articles are molded by all above mentioned ways including vibration com-



Кераміка на основі MgB_2 для плавленої текстурованої кераміки на основі $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ - (IT-YBCO).

Ceramics based on MgB_2 for melt-texturing ceramics based on $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ - (IT-YBCO).



Керамічні кільця, втулки й кулі для торцевих ушлінювачів валів насосів та компресорів і підшипників ковзання з реакційно-спеченого карбїду кремнію.
Ceramic rings, bushings and balloons for butt shafts compactor, pumps and compressors and bearings' slide made of reactionary-burned silicon carbide.

paction. Moulded products should be dried (with the use of water-soluble binding substance) and organic bond — melted out.

CERMETS

Cermets, materials composed of metals (or alloys) and one or few ceramic binders. As against starting substances it possesses improved properties. If ceramic binder improves properties of metal then such composition is called dispersion-strengthened. If metal improves properties of ceramic binder then it is infra-cermets.

Usually ceramic binder consists of oxides of Al, Be, Mg, Zr, Th, U, carbides of W, Ti, Ta, Nb, Cr, borides of Zr, Ti, and iron-bearing is presented by heat-resisting metals (W, Mo etc.), metal of Fe group, low-melting metals (Cu, Al, Mg). Hard alloys based on Ni, Co and carbides of W, Ti, Ta, Mo are considered as cermets too. It exhibits high hardness, strength, fire and heat resistance.

There are three conditions for choosing starting substances: chemical, physical and manufacturing compatibility. Chemical compatibility implies absence of chemical interaction between ceramic and metal components; physical — absence of mutual dissolution when healed and properties inter-connection when desired (temperature-expansion coefficient, elasticity modulus etc.); manufacturing — sintering points proximity of ceramic and metal components (special attention should be given to discrepancy in components density, besides fusible metal should wet more heat-resisting material).

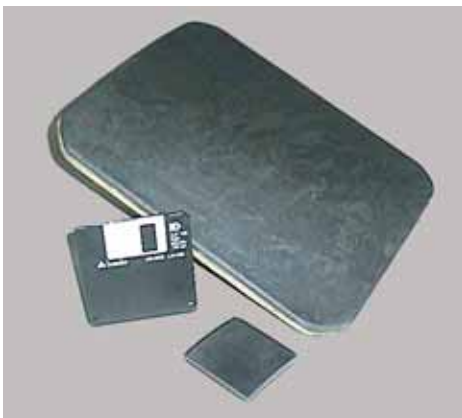
Oxide-based cermets are composed of metals that can form oxides isomorphous to the basic oxidic component and mutual solid solution. Carbide-based cermets are composed of metals that can form carbides or have

restricted carbon solubility. Nitride-based cermets are composed of metals that can form a persistent nitride and have restricted nitrogen solubility.

Cermet articles are manufactured, mainly, by sintering as well as by melt metal saturating ceramic porous part blanks, by cementation on ceramic surfaces etc. Starting substances (powders) are finely divided (sometimes jointly) at ball mill pulverizers and vibration mills in an atmosphere of organic liquids. Viscous liquids and some other substances are added to prevent stratification of powders and suspensions because of density difference of metal and ceramic components. After dehumidification mixture can be processed by compression molding, slurry casting, extruding, rolling etc. Cermets are sintered in firing furnaces in an atmosphere of neutral gas or in vacuum. On this stage metal oxidation, nitridation and carbonization as well as oxides reduction and nitrides and carbides disassociation are not desirable.

Considering properties and application fields cermets are divided into:

1) high-temperature cermets for the use of gas-driven turbine components, electric furnace accessories, rocket engineering etc. This group is composed of cermets based on Al_2O_3 -Cr, Al_2O_3 - ThO_2 -Cr-Mo, Al_2O_3 -W-Cr, and wider group of cermets based on carbides of Ti and Ni, Co, Cr, Mo, W, Al and its alloys; 2) solid wear-resistant cermets for the use of wear-resisting parts and cutting instrument. This group comprises of cermets based on carbides and nitrides of Ti, Te, Hf etc.; 3) cermets for the use of special branches of engineering: in nuclear reactors (nuclear fuel elements and other parts out of UO_2 , Al, MgO-Ni, Al_2O_3 -Cr), electrical and electronic engineering (C-Cu for pickups, ThO_2 -Mo or ThO_2 -W for strengthening of cathode emissive ability etc.), for



Керамічні елементи 50x50x10мм та моноблоки 300x250x10мм для бронезилетів з кераміко-композиційними броньовими елементами із реакційно-спеченого карбїду кремнію.
Ceramic elements 50x50x10 mm and mono-blocks 300x250x10 mm for flack vests with ceramic-compositional protective elements made of reactionary-burned silicon carbide.



Кераміко-композиційний блок з підпором із кевлара.
Ceramic-compositional block with Kevlar shores.

Розробки, представлені на стор. 165–166, виконані відділом № 7 «Перспективних технологій високих тисків, дисперсних матеріалів та спікання кераміки» Інституту надтвердих матеріалів НАН України ім. В. М. Бакуля під керівництвом зав. відділом, член-кор. НАНУ, проф., д. т. н. Прїхної Тетяни Олексївни.

Розробки, представлені на стор. 167, виконані у відділі комп'ютерного матеріалознавства надтвердих композиційних матеріалів для породоруйнівних інструментів Інституту надтвердих матеріалів (ІНМ) НАНУ під керівництвом член-кор. НАНУ, проф., д.т.н. Майстренко Анатолія Львовича, за участю співробітників ІНМ НАНУ Кулича Віктора Григоровича і Криворучко Івана Петрович та співробітника Інституту проблем матеріалознавства НАНУ Нешпора Олексія Вячеславовича.

Products presented on pages 165–166 have been developed by the Department № 7 Advanced Technologies of High Pressures, Dispersed Materials and Sintered Ceramics at the Institute of Superhard Materials NASU named after V. Bakul, directed by Tetyana Oleksiivna Prikhna, Corresponding Member of NASU, Professor, Doctor of Science.

Products presented on page 167 have been developed by the Computer Studies of Superhard Composition Materials for Rock-Destruction Tools Department at the Institute of Superhard Materials (ISM) NASU, directed by Anatoly Lvovych Maystrenko, Corresponding Member of NASU, Professor, Doctor of Science, and in cooperation with Viktor Grygorovych Kulych and Ivan Petrovych Kryvoruchko (ISM), and Oleksiy Vyacheslavovych Neshpora from Institute of Materials Studies NASU.