



Міністерство освіти і науки України

**ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет енергетики, робототехніки та
комп'ютерних технологій**

**Кафедра електромеханіки, робототехніки,
біомедичної інженерії та електротехніки**

БІОСУМІСНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ СКЛА ТА КЕРАМІКИ

**Методичні вказівки
до виконання практичної роботи**

**для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та
(заочної) форми навчання, спеціальності
163 «Біомедична інженерія»**

**Харків
2023**

Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет енергетики, робототехніки та комп'ютерних технологій
Кафедра електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії та
електротехніки

БІОСУМІСНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ СКЛА ТА КЕРАМІКИ

Методичні вказівки
до виконання практичної роботи

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та
(заочної) форми навчання, спеціальності
163 «Біомедична інженерія»

Затверджено
рішенням Науково-методичної
ради факультету ЕРКТ
Протокол № 2 від 17 листопада 2022 р.

Харків
2023

УДК 681.5 : 631.1(072)

Схвалено
на засіданні кафедри електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії
та електротехніки

Протокол № 1
від 31 серпня 2022 р.

Рецензент:

О.М. Мороз, д-р тех. наук, проф. кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту, Державний біотехнологічний університет.

Біосумісні матеріали на основі скла та кераміки: метод. вказівки до виконання практич. роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної (заочної) форми навч., спец. 163 «Біомедична інженерія» / Державний біотехнологічний університет; уклад.: В. О. Шигимага. – Харків : [б. в.], 2023.– 16 с.

Методичні вказівки включають практичну роботу та список літератури. Матеріал розкриває сутність класифікації, структури, видів та застосування біосумісних матеріалів, виготовлених на основі скла та біокераміки для використання у біомедицині.

Видання призначене здобувачам першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання спеціальності 163 Біомедична інженерія.

Відповідальний за випуск: В.О. Шигимага, д. т. н., проф.

Практична робота № 2

Біосумісні матеріали на основі скла та кераміки

1. Мета роботи: Ознайомити студентів з класифікацією біосумісних імплантаційних матеріалів, які створені на основі скла та біокераміки, розглянути види медичного інструменту, що виготовлений з них та деякі особливості технології їх виготовлення.

2. Введення. Загальні відомості

Кераміка – це група матеріалів на основі оксидів, карбідів, нітридів, боридів та інших хімічних сполук. Їх здебільшого отримують шляхом високотемпературного спікання порошків під високим тиском. Хімічний зв'язок може змінюватися від ковалентного до атомного у найрізноманітніших комбінаціях. Залежно від того, яка сполука формує кераміку, будуть змінюватися його властивості. Керамічні матеріали мають високу твердість, температуру плавлення, хімічну стійкість в організмі людини, зносостійкість. Матеріали мають високу ступінь біоінертності, що є і перевагою, і одночасно недоліком матеріалу, оскільки їх біорезорбність є невисокою. Суттєвим недоліком керамічних матеріалів є їх крихкість і дуже висока швидкість розповсюдження тріщин. Керамічні матеріали використовуються для виготовлення протезів суглобів, органів, медичного інструменту.

До основних класів керамічних матеріалів відносять оксидні кераміки на основі оксидів алюмінію та цирконію, біоскло, сапфірова кераміка тощо. Кераміка на основі оксидів металів є хімічно стійкою, не утворює з речовинами організму жодних хімічних сполук. Це робить неможливим вrostання кістки в імплантат. До керамічних матеріалів відносять і гідроксиапатит, який залежно від морфології може бути як резорбним, так і інертним.

3. Біоінертна кераміка на основі оксидів алюмінію і цирконію

Оксид алюмінію став одним із найперших і є одним із найважливіших керамічних матеріалів у сучасній медицині. Найголовніше застосування – голівки (шарніри) суглобів, рис. 1.



Рис. 1 - Головки і чашки кульшових суглобів, виготовлених з біоінертної кераміки

У тих випадках, коли потрібна менша крихкість і вища пластичність, перевагу надають оксиду цирконію. Стабілізована оксидом ітрію вона має міцність на стиснення 500-1000 МПа (на відміну від всього 500 для алюмінієвої). Виготовляється вона також методом гарячого ізостатичного пресування. Оксид ітрію (3%) необхідне для стабілізації структури – запобігає росту зерна при спіканні. Цікаво, що така кераміка стабілізована 7% оксиду ітрію використовується для покриття робочих лопаток турбін у якості термобар'єрного шару, рис. 2.

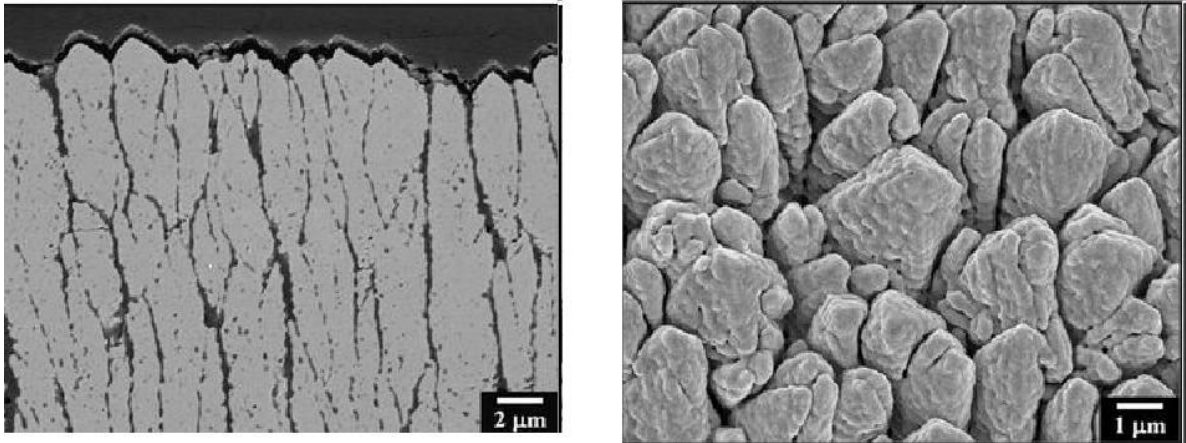


Рис. 2 – Поверхневий шар оксиду ітрію для покриття робочих лопаток турбін.

Кераміка ZrO_2 стабілізована 7% Y_2O_3 . Саме цей матеріал вирощений на поверхні лопатки ZrO_2 також використовується для виготовлення шарнірів і як стоматологічний матеріал, рис. 3.



Рис. 3 – Протези зубів людини, що виготовлені з біоінертної цирконієвої кераміки.

Комбіноване уведення стабілізаторів структури дозволяє отримати дрібнозернисту структуру. Це також підвищує еластичність матеріалу і знижує крихкість. Серед недоліків кераміки ZrO_2 висока вартість, технологічні труднощі пов'язані із складністю процесу пресування.

Для виготовлення медичного інструменту використовують оксидну

кераміку ZrO_2 отриману шляхом напрямленої кристалізації із розплавів. За такої технології із зародка —витягується монокристал із мінімальної кількістю дефектів, високою міцністю, задовільним опором тріщиноутворенню. Така кераміка використовується для виготовлення надгострого інструменту із тонкими ріжучими крайками, рис. 4.



Рис. 4 - Хірургічний скальпель з керамічним лезом.

За такою технологією можна виготовити кристали великих розмірів, що дозволяє використовувати такий матеріал для виготовлення різальних крайок практично будь-яких розмірів. Він використовується з метою нанесення мінімальних травм живим тканинам, а також там, де потрібна висока точність операції – в кардіохірургії, судинній, щелепно-лицьових операціях.

Оскільки компактна кераміка на основі згаданих оксидів має високу крихкість, вона не рекомендується до використання для виготовлення кісткових імплантатів. Також, через великий градієнт механічних властивостей з часом відбудеться відторгнення імплантатів. Також, це може призводити до руйнування кісток.

Значно перспективнішою для ненавантажених імплантатів буде високопористий комірчастий матеріал, рис. 5.

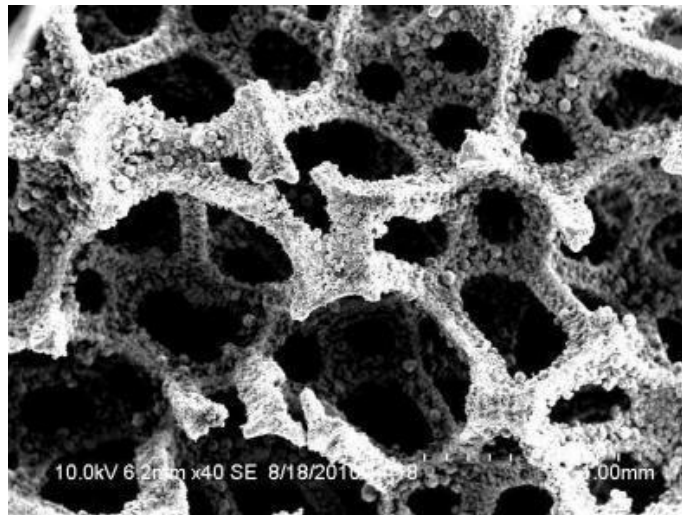


Рис. 5 - Макропористий керамічний матеріал.

Макроструктура таких матеріалів схожа до структури губчастої кісткової тканини, яка може вільно проростати в пори.

4. Застосування кераміки на основі сапфіру

Сапфірова кераміка, на відміну від більшості інших, не використовується у вигляді компактних порошоків. Основна її форма – монокристали.

Хімічна стійкість монокристалів сапфіру (виріб з оксиду алюмінію у монокристалевій формі, рис. 6).



Рис. 6 - Кристал сапфіру

Може бути як забарвленим, так і безбарвним, пояснюється відсутністю границь зерен, пор та дефектів структури. Він більш стійкий в агресивних середовищах, ніж будь-який метал чи полікристалевий корунд. Основними недоліками сапфірів є їх висока вартість і низька ударостійкість, яка притаманна всім керамікам.

Сапфір не токсичний біоінертний матеріал, який не викликає ніяких алергічних реакцій і не має токсичної дії. Не має мутагенного чи канцерогенного впливу на організм. Сапфір використовується для виготовлення цілої гамми імплантатів та інструменту.

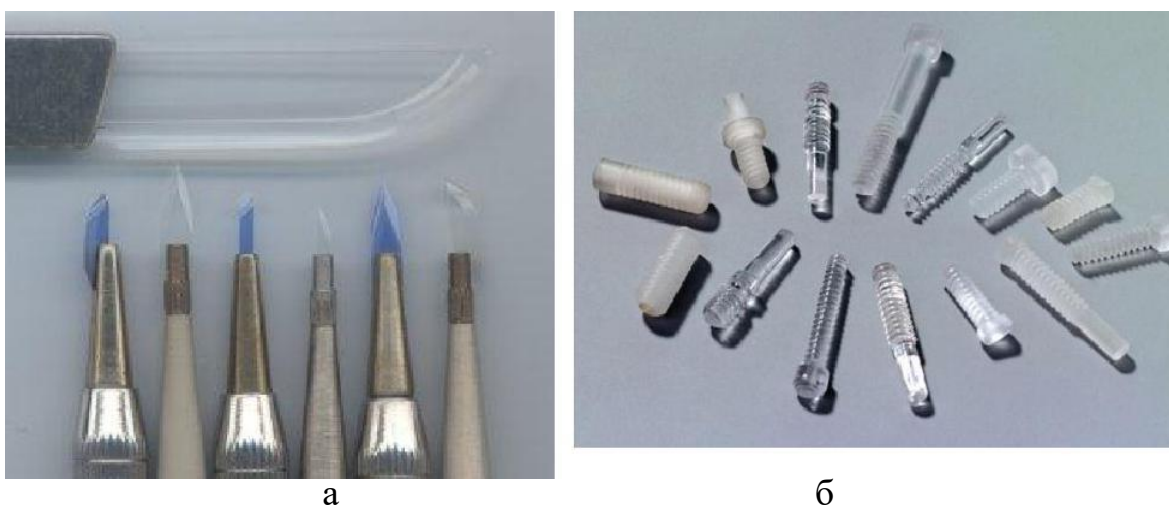


Рис. 7 - Використання сапфірової кераміки. а – для виготовлення різальної крайки хірургічного інструменту, б – для імплантатів.

5. Біоскло і біоситали

Біоскло – це суміш оксидів металів і неметалів, що знаходяться в аморфному стані. Отримують його шляхом переохолодження відповідних розплавів.

Біоскло в імплантології вперше почало використовуватися у 80-х роках у вигляді порошків. ($\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{P}_2\text{O}_5$)

До біоскла часто додають гідроксиапатит (ГАП), який покращує резорбцію в організмі. На сьогодні створено декілька видів біокерамічних матеріалів, які можуть широко використовуватися в ортопедичній практиці.

Біоскло на основі системи $\text{MgO}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$. Дані матеріали показують високу реактивність та біоактивність, які реалізуються шляхом високої здатності

до формування ГАП кістки при реакції матеріалу з рідинами організму.



а



б

Рис. 8 - Біоскло – порошок (а), вигляд частинки під мікроскопом (б)

Вивільнення при цьому іонів натрію та кальцію викликає підвищення рН та концентрацію іонів кальцію з формуванням кристалів. Біоскло з формулою $10\text{MgO}-40\text{CaO}-50\text{SiO}_2$ в викликає формування апатиту на 3-й день. Для поліпшення остеокондуктивних властивостей створена кераміка з порами від 300 до 500 мкм, що покращує процеси інтеграції матеріалу в кістку.

Біоситали – це склокерамічні матеріали, які складаються із кількох видів кристалічних речовин в скляній матриці.



Рис . 9 - Біоситал під мікроскопом

Їхнє використання в імплантології є аналогічним до використання біоскла. Ситали, так само як і скло переважно використовують для заліковування невеликих дефектів у щелепно-лицьовій хірургії.

Для правильного і швидкого заживлення рани порошок біоскла змішують з кров'ю пацієнта, і цей згусток вводять в дефект структури кісток, рис. 10.

Використовуючи порошки різної дисперсності можна регулювати в'язкість речовини. Зазвичай, для невеликих дефектів використовують дрібні порошки. Якщо дефекти великі, то можна використовувати порошки різної дисперсності одночасно.



Рис .10 - Порошок біоситалу змішаний з кров'ю пацієнта, готовий до уведення у кістковий дефект.

6. Склокераміка на основі системи $\text{ZnO-CaO-SiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5\text{-CaF}_2$.

Оксид цинку, що наявний в даних кераміках здатний контролювати взаємодію матеріалу з оточуючими тканинами та рідиною, таким чином впливаючи на процеси формування кісткового матриксу. Дані матеріали показали високу біологічну активність та задовільні біомеханічні властивості. Для біоскла важливим є розмір частинок. Так, при розмірі близько 300 мкм воно може

викликати алергію, при розмірах понад 350 мкм – слабо розчиняється в організмі. Зазвичай, швидкість резорбції імплантата складає 9-12 міс, а при додаванні аутокісткового матеріалу швидкість резорбції зростає до 5-6 місяців.

Завдання та питання для самоконтролю:

1. Назвати види біокераміки. Дати коротку характеристику.
2. Які перспективи застосування біокераміки у медицині?
3. Назвати області використання біоскла та біокераміки.
4. Назвати види біокераміки для створення біосумісних імплантатів.
5. Які проблеми створення та застосування біоматеріалів на основі скла та кераміки у медицині?

Рекомендована література

1. Уварова, В.Б. Максименко. Біосумісні матеріали для медичних виробів. Підручник, – К.: Видавництво КіМ. – 2013. – 232с.
2. Paul Ducheyne. Comprehensive biomaterials. – Видавництво «Elsevier», 2011. – 3250с.
3. Rosario Pignatello. Biomaterials science: Підручник, – видавництво InTech, Rijeka, Croatia, 2011. – 456 с.
4. Кіндрачук М.В., Лабунець В.Ф., Климова Т.С., Черниш І.Г. Матеріалознавство. Підручник. К.: НАУ, 2012. – 492 с.
5. И.Д. Морозова. Электрорадиоматериалы. Навчальний посібник. – М.: Воздушный транспорт, 1993. – 200с.
6. Галимов Э.Р. Полимерные материалы в биомедицинской технике / Э.Р. Галимов, В.М. Гарнец В.М. Матеріалознавство. Підручник. – К.: Кондор, 2009. – 386с.
7. Бородулин В.Н., Воробьев А.С., Матюнин В.М., Филиков В.А., Чепарин В.П. Электротехнические и конструкционные материалы. Навчальний посібник. – М.: Мастерство; Высшая школа, 2001. – 280с.
8. Штильман М.И. Полимеры медико-биологического назначения.– М.: ИКЦ, Академкнига, 2006. – 400 с.
9. Вихров С.П., Холомина Т.А., Бегун П.И., Афонин П.Н., Биомедицинское материаловедение.-М.: Горячая линия-Телеком, 2006 – 383 с.
10. Афтандіянц Є. Г., Зазимко О. В., Лопатько К. Г. Матеріалознавство. Підручник, — К.: Видавництво Ліра-К. — 2012.

Додаткові рекомендовані джерела

1. Аронов А.М., Пичугин В.Ф., Твердохлебов С.И. Методические основы разработки и организации производства медицинских изделий. – Томск: Издательство «Ветер», 2007 . 334 с.

2. Неверов А. С. Коррозия и защита материалов : учеб. пособие / А. С. Неверов, Д. А. Родченко, М. И. Цырлин. - Минск : Вышэйшая школа, 2007. - 222 с.
3. Моряков О. С. Материаловедение: учеб. / О. С. Моряков. - М.: ИЦ "Академия", 2008. 240с.
4. Фетисов Г.П. и др. Материаловедение и технология металлов. М.: Высшая школа, 2000, 638с.
5. Чередниченко В.С. Материаловедение. Технология конструкционных материалов. 2-е изд., перераб. М.: изд-во «Омега-Л», 2006 г.
6. Лясникова А.В. Биосовместимые материалы в дентальной имплантологии: учеб.пособие / А.В. Лясникова, Г.А. Воложин; под ред. проф. Н.В. Бекренева. – Саратов: Саратов.гос.техн.ун-т, 2006. 124с.
7. Галимов Э.Р. Полимерные материалы в биомедицинской технике / Э.Р. Галимов, В.М. Солдаткин, А.Г. Исмаилова и др. – Учеб.пособие. Казань: Изд-во Казан.гос.техн.унта, 2003. 242 с.
8. Колесов С. Н. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учебник для вузов / С. Н. Колесов, И. С. Колесов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высш. шк., 2007. - 535 с.

БІОСУМІСНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ СКЛА ТА КЕРАМІКИ

**Методичні вказівки
до виконання практичної роботи**

ШИГИМАГА Віктор Олександрович

Формат 60x84/16. Гарнітура Times New Roman
Папір для цифрового друку. Друк ризографічний.

Ум. друк. арк. 1,3_____

Наклад 100 пр.

Державний біотехнологічний університет
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44