

**Міністерство освіти і науки України**  
**Сумський державний університет**  
*Азадський університет*  
*Каракалтакський державний університет*  
*Київський національний університет технологій та дизайну*  
*Луцький національний технічний університет*  
*Національна металургійна академія України*  
*Національний університет «Львівська політехніка»*  
*Одеський національний політехнічний університет*  
*Сумський національний аграрний університет*  
*Східно-Казахстанський державний технічний*  
*університет ім. Д. Серікбаєва*  
*ТОВ «НВО «ПРОМІТ»*  
*Українська асоціація якості*  
*Українська інженерно-педагогічна академія*  
*Університет Барода*  
*Університет ім. Й. Гуттенберга*  
*Університет «Politechnika Świętokrzyska»*  
*Харківський національний університет*  
*міського господарства ім. О. М. Бекетова*  
*Херсонський національний технічний університет*

## **СИСТЕМИ РОЗРОБЛЕННЯ ТА ПОСТАВЛЕННЯ ПРОДУКЦІЇ НА ВИРОБНИЦТВО**

Матеріали I Міжнародної науково-практичної  
конференції

(м. Суми, 17–20 травня 2016 року)

Сайт конференції: <http://srpv.sumdu.edu.ua>.

Суми  
Сумський державний університет  
2016

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ МАХ-ФАЗ

*Супрун О. В., аспірант, Інституту проблем матеріалознавства  
ім.І.М.Францевича НАН України*

В останні кілька років зростає інтерес учених до матеріалів на основі безкисневої кераміки – тернарних сполук, або так званих МАХ-фаз.

Матеріали на основі шаруватих МАХ фаз або наноламінатна кераміка – новий вид легкооброблюваної конструкційної кераміки, яка потенційно може використовуватися в багатьох галузях техніки, і особливо перспективна при роботі в екстремальних умовах. Вважається, що дана кераміка може знайти широке застосування для виготовлення деталей складної форми, що зазнають термічних, хімічних і механічних впливів [1].

Ці матеріали мають шарувату кристалічну будову (рис. 1) і можуть бути названі трикомпонентними карбідами або нітридами. За своєю суттю шарувата кристалічна структура за наявності металевих (М-А) і ковалентних (М-Х) зв'язків призводить до унікальної комбінації як металевих, так і керамічних властивостей.

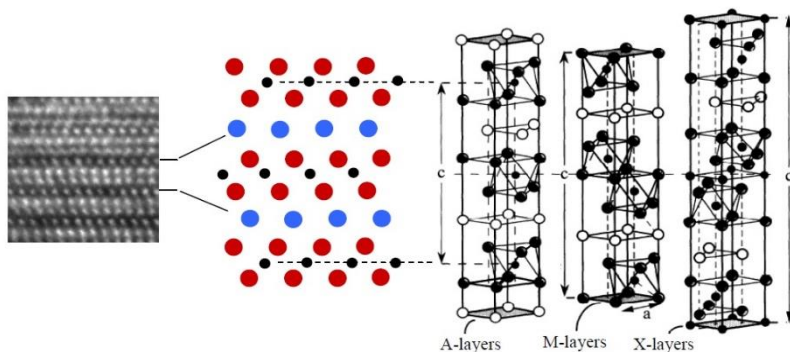


Рисунок 1 – Будова наноламінатної структури МАХ-фаз [2]

Шаруватість на рівні кристалічної структури призводить до того, що зерна МАХ-фаз мають виражену наноламінатну будову. Така будова дає можливість локально в зоні концентрації механічних напружень деформувати зерна без макроскопічного руйнування матеріалу, що забезпечує високі характеристики міцності, тріщиностійкості і нечугливості до термоударів у поєднанні з гарною механічною оброблюваністю і хімічною стійкістю. МАХ фази, як правило, мають високу електро- та теплопровідність (наприклад, електропровідність  $Ti_3SiC_2$  вдвічі більша, ніж електропровідність чистого титану [3]), а також термодинамічно стабільні властивості при високих температурах. Таке поєднання властивостей є унікальним.

Отримання матеріалів на основі МАХ-фаз являє собою складну задачу за рахунок низьких термодинамічних стимулів утворення змішаних з'єднань із суміжних подвійних фаз, малих швидкостей дифузії компонентів у них, а також складності та невеликої точності визначення фактичного вмісту компонентів. З часу відкриття  $Ti_2AlC$  і  $Ti_3AlC_2$  розроблено ряд технологій виготовлення даних потрійних карбідів серед яких такі, як гаряче ізостатичне пресування (ГІП) і гаряче пресування (ГП), імпульсне плазмове спікання або спікання в плазмі (SPS) [4], синтез при горінні або саморозповсюджувальний високотемпературний синтез (СВС), механічно активоване спікання (МАС) та ін. Серед різних методів отримання матеріалів на основі МАХ-фаз одним із економічно ефективних є метод СВС.

Перші МАХ-фази були синтезовані більше 35 років тому, але їх властивості не були вивчені досконально. На сьогодні відомо 60 різних МАХ-фаз. Перспективними для практичного використання є матеріали на основі найбільш повно вивчених МАХ-фаз –  $Ti_3AlC_2$  і  $Ti_2AlC$ . Так, наприклад,  $Ti_3AlC_2$  демонструє незвично високу пластичність при стисканні при кімнатній температурі на відміну від звичайної кераміки. Це відносно м'який (твердість за Вікерсом приблизно 3,5 ГПа), досить легкий (щільність –  $4,2 \text{ г / см}^3$ ) матеріал, який легко піддається механічній обробці [5].

Таким чином, унікальні властивості МАХ-фаз роблять їх перспективними для багатьох промислових застосувань, наприклад у різальному та буровому інструменті, у енергетиці та у обладнанні для досліджень в галузі фізики високих енергій, в якості вогнетривких матеріалів, в авіації та космонавтиці, для використання в якості матеріалів стійких до радіаційного опромінення, для корозійностійких сенсорів газу та фільтрів та ін.

### Список літератури:

1. It-Meng (Jim) Low, Yanchun Zhou. MAX phases : microstructure, properties, and applications / I. Low, Y. Zhou. – New York, United States: Nova Science Publishers Inc, 15 Mar 2012. – 294 p.
2. Mockutė A. Thin Film Synthesis and Characterization of New MAX Phase Alloys / Aurelija Mockutė. – Linköping, Sweden: Linköping University, 2012. – 49 p.
3. Сметкин А. А. Свойства материалов на основе МАХ-фаз / А. А. Сметкин, Ю. К. Майорова. // Вестник ПНИПУ. – 2015. – С. 120–138.
4. Processing and properties of max phases – based materials using SHS technique / [L. Chlubny, J. Lis, K. Chabior and others]. // Archives of Metallurgy And Materials. – 2015. – Vol. 60, Issue 2. - PP. 859–863.
5. Anirudh C. Max Phase Materials - Review of an Exciting Class of Ternary Carbides and Nitrides / C. Anirudh, A. V. Vaibhav Koushik, U. Kempaiah. // International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. – August 2014. – Vol. 4, Issue 8. - С. 624–630.