



ЛНУ ім. І. Франка
МОН України (2)



ІФКС НАН України, м. Львів (2)



ННЦ ХФТІ НАН України,
м. Харків (3)



ІМФ НАН України,
м. Київ (1)

Керування властивостями матеріалів в екстремальних умовах

ЦИКЛ РОБІТ НА ЗДОБУТТЯ ДЕРЖАВНОЇ ПРЕМІЇ УКРАЇНИ В ГАЛУЗІ
НАУКИ ТА ТЕХНІКИ В 2020 р.
ВИСУНУТИЙ ВЧЕНОЮ РАДОЮ
ЛЬВІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА 29.01.2020р.

Поеднано три основні способи пізнання фізичних явищ:

- (i) мікроскопічні теорії, де властивості речовини визначаються аналітично на основі інформації про взаємодії між частинками;
- (ii) прецизійні експериментальні дослідження в екстремальних термодинамічних умовах, проведені у вітчизняних та зарубіжних лабораторіях, що сприяє практичному використанню здобутих результатів.
- (iii) методики першопринципного моделювання, які дозволяють враховувати різні типи взаємодій; комп'ютерного максимально

Досліджені монотектичні системи є перспективними матеріалами для дрібнодисперсних сумішей

■ Практичний інтерес

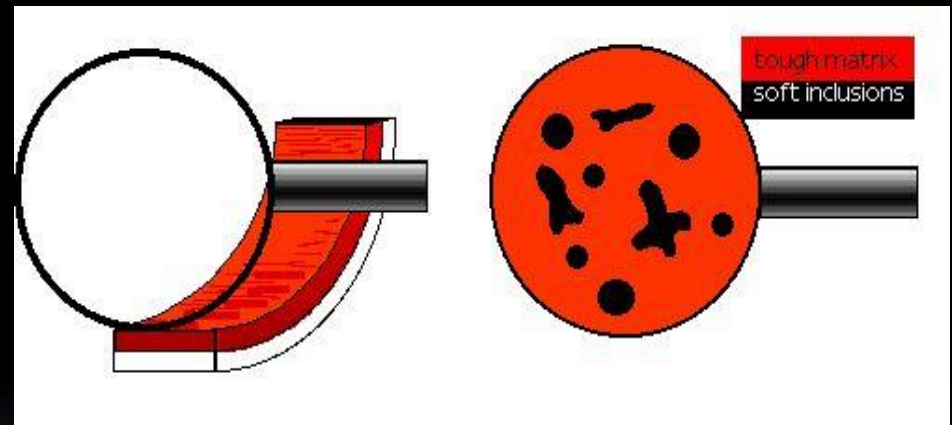
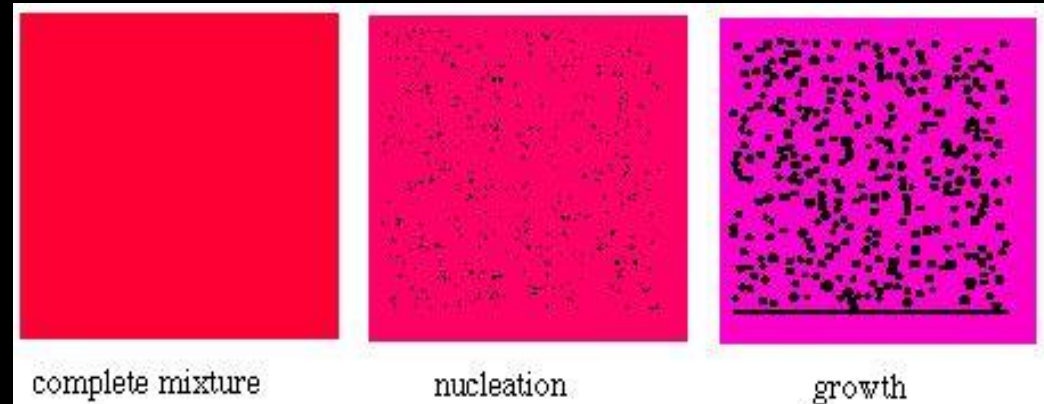
- Самозмашувальні підшипники (Cu-Sn-Pb, Al-Pb, Al-Bi, Al-Si-Pb, Al-Si-Bi)
- Композитні надпровідники (Cu-V)
- Гранульовані ГМО матеріали (гігантський магнетоопір) (Cu-Co)
- Виплавка срібла (процес Паркера) (Ag-Pb-Zn)
- Електричні вимикачі (Ni-Ag)

■ Проблеми виготовлення:

- Швидке розділення фаз
- Неможливість отримати дрібнодисперсну суміш для практичного застосування
- Високі температури

■ Причини швидкого розшарування:

- Седиментація, зумовлена гравітацією
- Конвекція Маранґоні

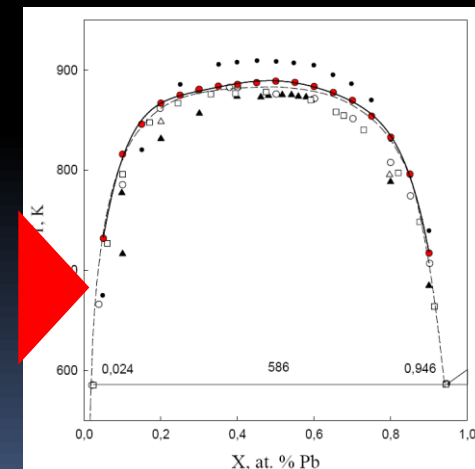
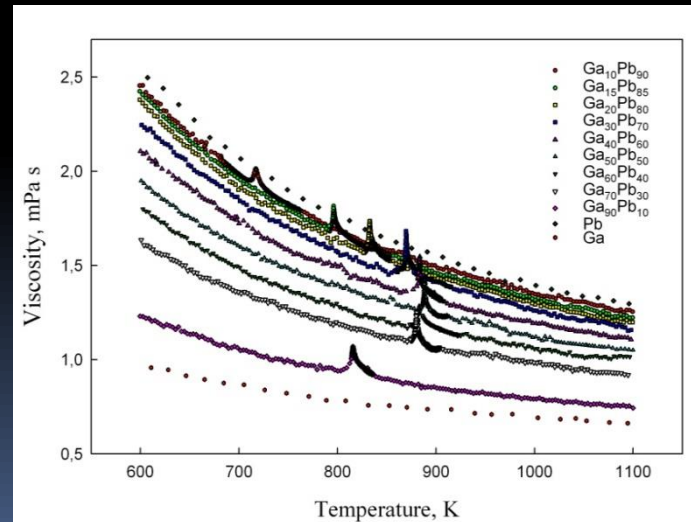
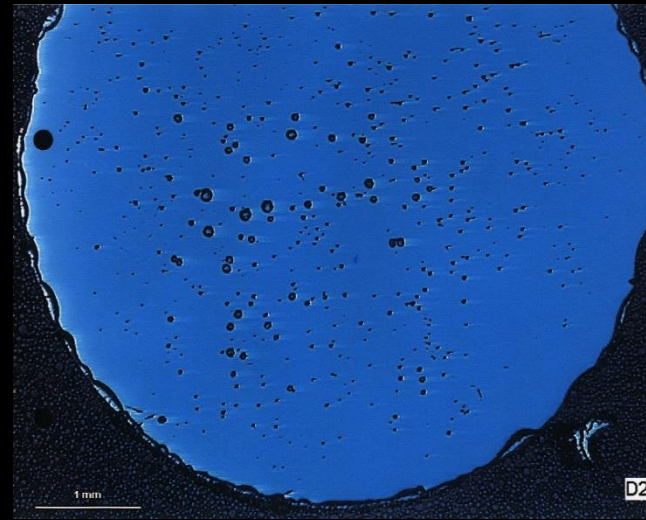
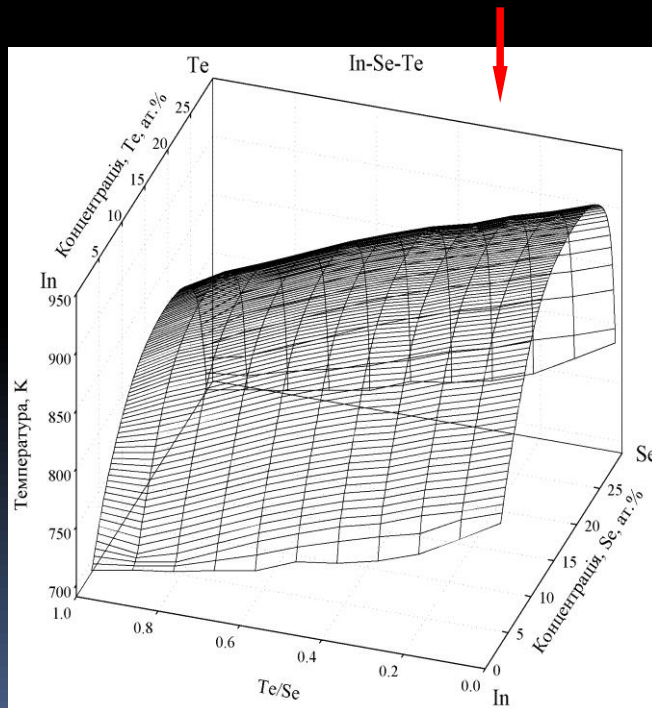


В умовах мікрогравітації вперше отримано важливу інформацію про вплив термокапілярної конвекції на процес розшарування у металевих розплавах. Досліджено формування дрібнодисперсної структури розплаву та розраховано густину потоку крапель однієї з фаз крізь матрицю іншої, а також досліджено часові і температурні залежності цього процесу.

Дослідження критичних явищ в мототектичних системах в лабораторних умовах і в Космосі

Конвекція Марангоні
Критичні параметри
Нуклеація

Визначення поверхонь поділу
фаз рідина-рідина



Визначення ліній бінодалі за вимірами електропровідності та в'язкості

Нові матеріали для безсвинцевих припоїв

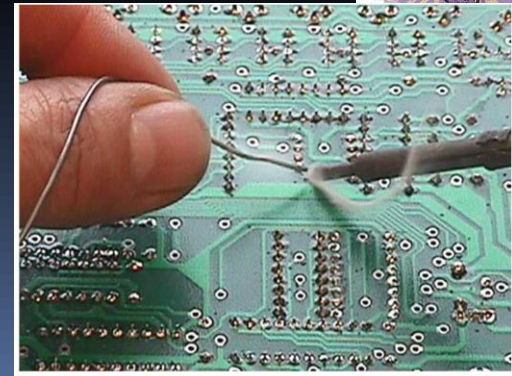
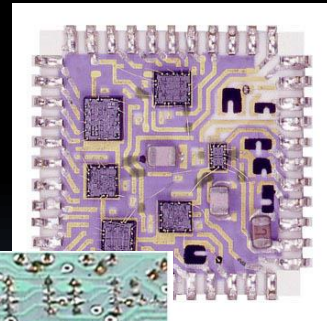
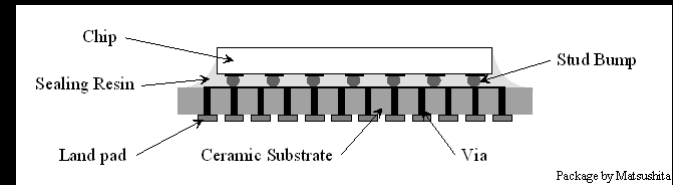
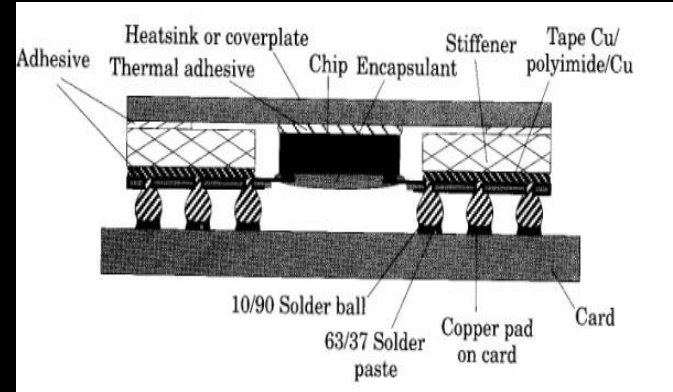
- Угода про асоціацію Україна-ЄС-шлях до економічної інтеграції, яка передбачає перехід на Європейські стандарти.



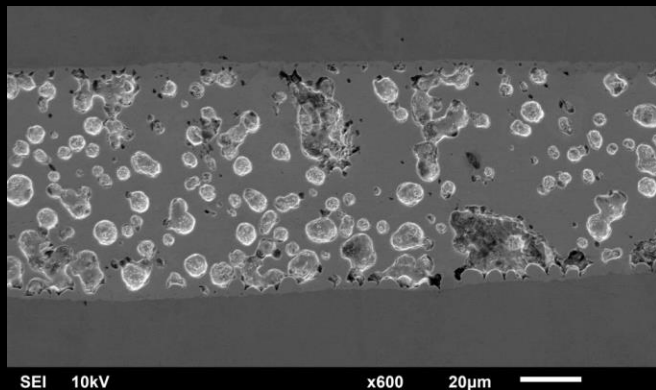
- Це означає, що, згідно з законодавством та Директивами ЄС, використання безсвинцевих припоїв замість традиційних Sn-Pb стане обов'язковим.



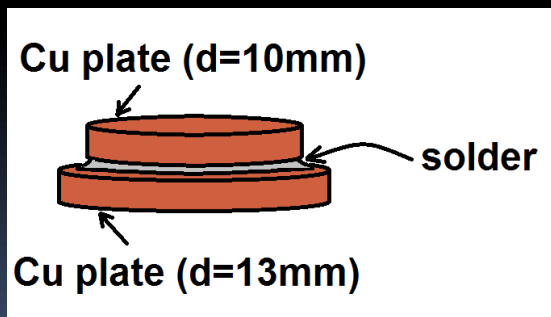
- У зв'язку з цим, розгортання вітчизняного виробництва безсвинцевих припоїв може бути економічно вигіднішим, ніж імпорт закордонних аналогів.



Модифікація наночастинками структурно-чутливих властивостей матеріалів для створення нових безсвинцевих припоїв

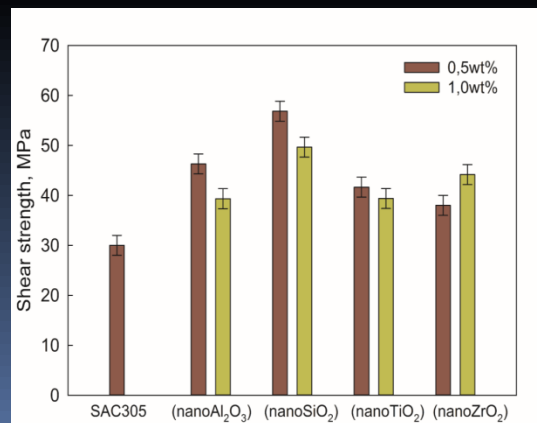


Мікроструктура (SEM) паяних з'єднань сплаву SAC305 з домішками наночастинок Al_2O_3



Суть, мета розробки: Нові методи та технологічні процеси імплементації наночастинок у матеріали для нових безсвинцевих припоїв на основі Sn. Наночастинки стабілізують структуру припою, що під час кристалізації зазнає суттєвих модифікацій під зовнішніми впливами (електричні і магнітні поля, температурні градієнти, швидкості охолодження, вібрації), запобігають утворенню тріщин втомлюваності та розповзанню контактів, знижують зернистість, покращують змочування поверхні.

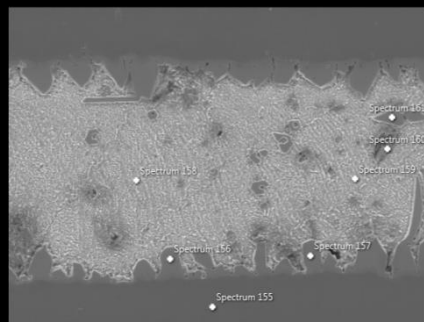
Інноваційний аспект. Удосконалено технологію отримання матеріалів для припоїв у вигляді тонких стрічок товщиною 20-30 мкм методом швидкого загартування, що використано для паяних з'єднань великих поверхонь.



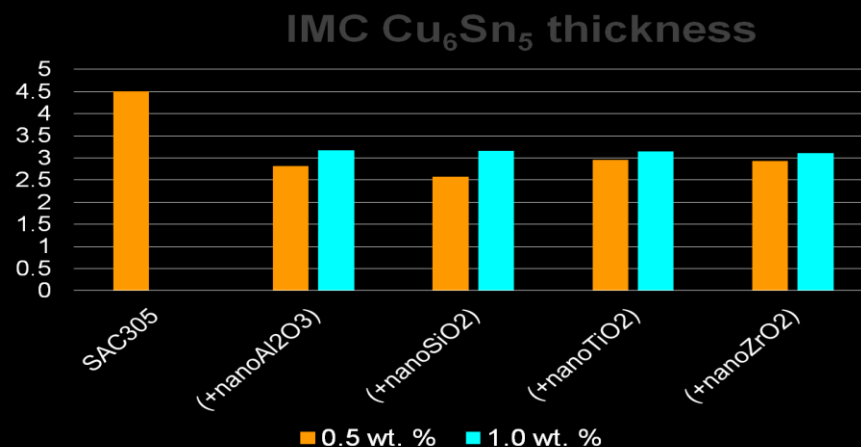
Морфологія і зростання міжфазового шару IMCS на межі припій / Cu



a)



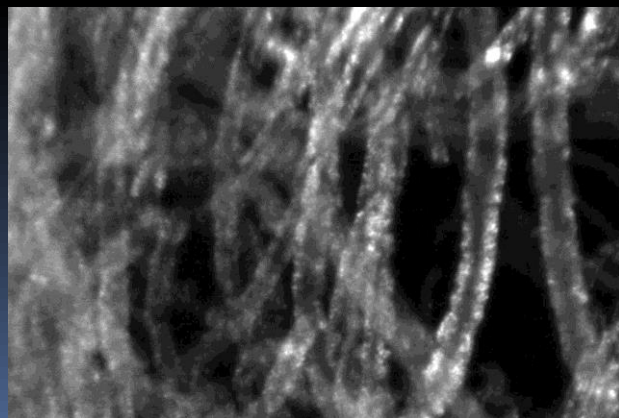
b)



**Зменшення
шарів
інтерметалідів**

SEM мікрофотографії (a) SAC387
(b) (SAC387)99.9(nanoCo)0.1

Вплив вуглецевих нанотрубок на властивості безсвинцевих припоїв



Додавання вуглецевих нанотрубок:

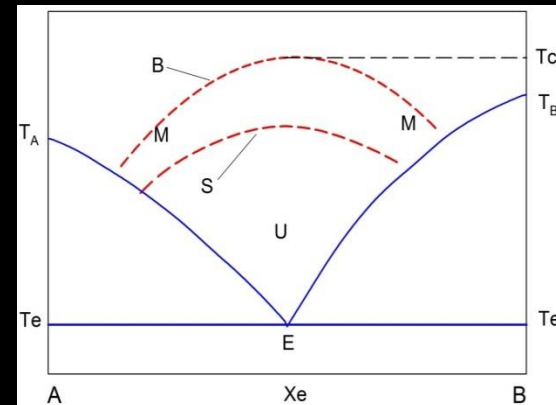
- Покращує механічні властивості (міцність, опір зсуву, пластичність)
- Покращує змочуваність припоєм поверхні
- Не впливає на електричні характеристики
- Запобігає утворенню інтерметалідів

Наночастинки в безсвинцевих припоях - ключ до мініатюризації контактів електронних пристроїв

Модель процесу мікророзшарування

**Метастабільна
нерівноважна
квазієвтектична
структура в розплаві**

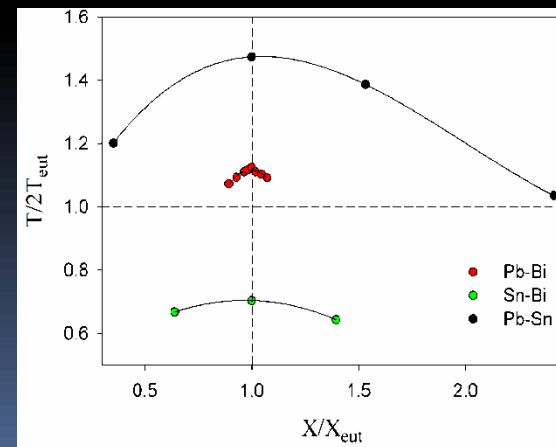
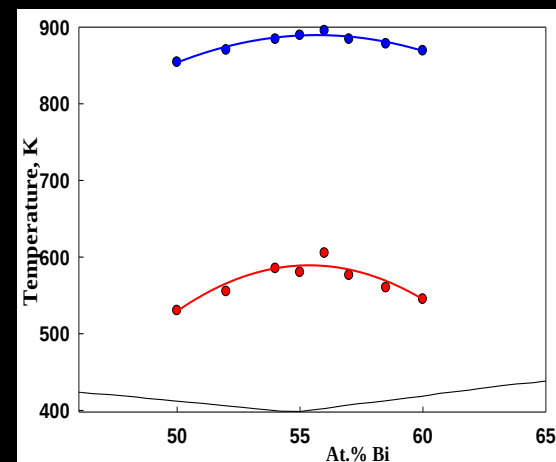
ділянки з різною термодинамічною стабільністю, які, як і в монотектиках, розділені лініями спінодалі і бінодалі, і є аномальними флуктуаціями концентрації.



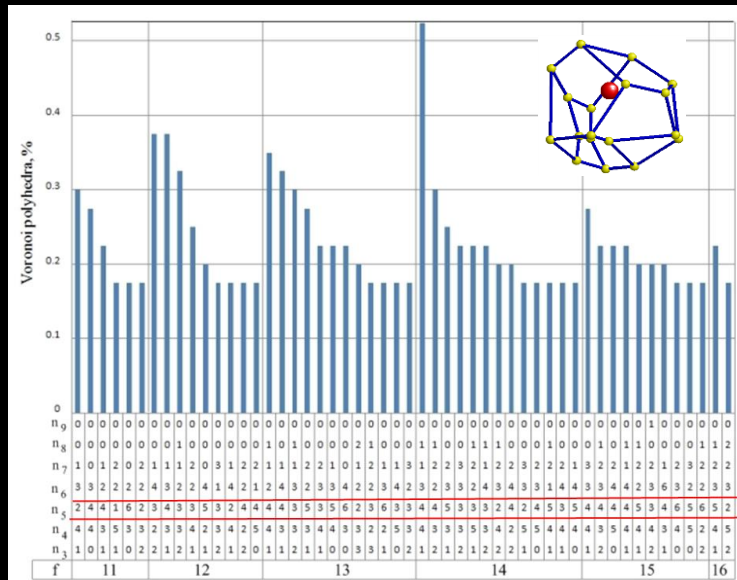
Доведено подібність систем з монотектиками та евтектиками щодо механізму розпаду фаз і кристалізації: системи не є розчинами, а двофазними системи високої диспергованості

➤ У монотектиках температурно-часові режими регулюють розміри частинок однієї фази в іншій, що приводить до макроскопічного розшарування.

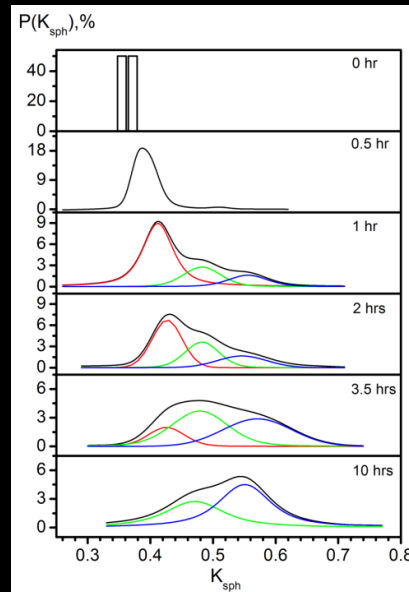
➤ В евтектичних системах, як окремому випадку систем з обмеженою розчинністю компонентів, розміри частин однієї з фаз, змінюючись за зміни температури, не досягають таких розмірів, як у монотектиках — седиментаційна стійкість зберігається до температури початку кристалізації.



Еволюція топологічних характеристик локального атомного оточення в структурі вуглецю при квазінеперервному переході з кристалічного в аморфний стан в процесі механоактиваційної обробки графіту

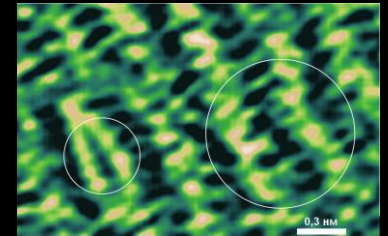


Поліедральний аналіз аморфного вуглецю, отриманого МА обробкою графіту (10 год), на вставці – типовий поліедр Вороного (ПВ)



Розподіл коефіцієнту сферичності ПВ в МА графіті $P(K_{sph})$ ($K_{sph} = 36\pi V^2/S^3$, де V і S – об'єм і площа ПВ) (алмаз – 0.46; випадкова система точок - 0.57)

Нові локальні гетероалотропні структури вуглецю



Локально-неоднорідна структура аморфного вуглецю (10 год МА графіту) (вгорі), та ділянка двослойного бі-графіту (внизу)

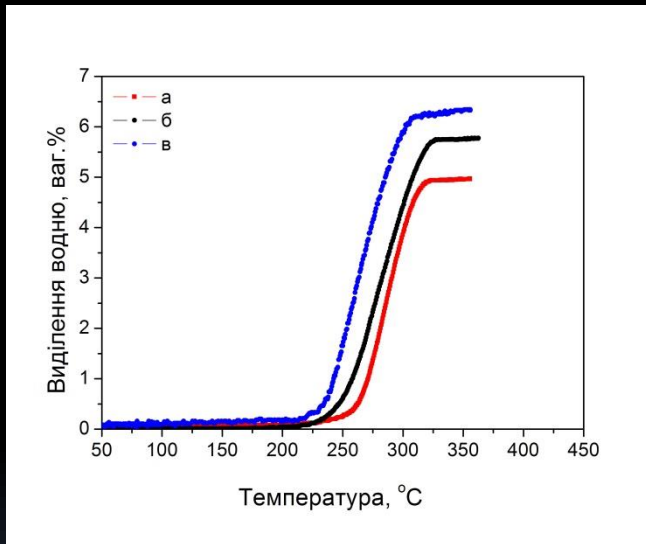
Запропоновано використовувати значення максимуму розподілу $P(K_{sph})$ як параметр топологічного ближнього атомного порядку в неупорядкованих та аморфних матеріалах

A.D. Rud, I.M. Kiryan. J Non Cryst Sol. 386 (2013), 1-7.

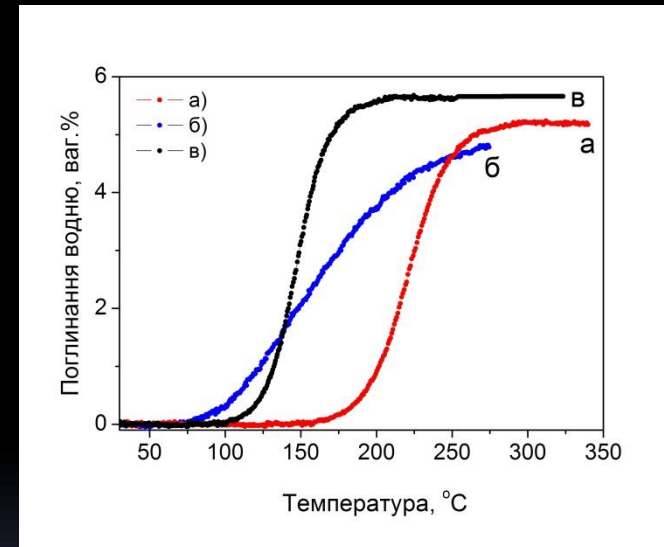
Alexander D. Rud et al. Materials Today: Proceedings, 5 (2018), 26089–26095.

Водневоакумулюючі матеріали на основі Mg

Розроблені фізичні принципи і створені нові водневосорбційні матеріали на основі механоактивованих нанокомпозитів Mg з добавками різних алотропних форм вуглецю або МАХ-фази Ti_3AlC_2 для зберігання водню в твердому стані для потреб екологічно-чистої водневої енергетики, які задовольняють умовам їх промислового використання за критеріями міністерства енергетики США – не менше 5 ваг.% сорбованого водню, температура сорбції до 150 °С, здатність до багатократного реверсного циклування сорбції-десорбції.



Термодесорбція водню композитом Mg - 7 ваг. % Ti_3AlC_2 після:
(а) – механоактиваційної обробки у водні,
(б) – 3-го циклу сорбції-десорбції, (в) – 6-го циклу



Сорбція водню зразками:
(а) – Mg;
(б) – Mg - 5 ваг. % Ti_3AlC_2 ;
(в) – Mg - 7 ваг. % Ti_3AlC_2

A.D. Rud, A.M. Lakhnik. Int Journal Hydrogen Energy, 2012, 37 (5), 4179-4187.

A.D. Rud, A.M. Lakhnik, V.G. Ivanchenko, et al. Int J Hydrogen Energy, 2008, 33 (4), 1310-1316.