

## В І Д З И В

офіційного опонента на дисертацію Олександри Вікторівни Заїкіної “**Фазові рівноваги в потрійних системах Al-Ti-Pd та Al-Ti-Pt**”, яку представлено на здобуття наукового ступеня кандидата хімічних наук за спеціальністю 02.00.04 -Фізична хімія.

Розробка діаграм стану є головною проблемою сучасного матеріалознавства, металургії і споріднених з ними областей знань, бо такі діаграми є науковим підґрунтям для отримання нових матеріалів з наперед прогнозованими властивостями. На сьогодні досить гостро постає питання підвищення жароміцності матеріалів для транспортних засобів при одночасному збереженні їх технологічних властивостей при кімнатних температурах. Цю проблему можна вирішити за рахунок створення інтерметалічних сплавів на основі алюмінідів титану  $Ti_3Al$ ,  $TiAl$  та  $TiAl_3$ , які широко відомі як основа конструкційних жароміцних матеріалів. Для підвищення жаростійкості та уникнення крихкості матеріалів цього класу застосовується комплексне легування титан-алюмінідних сплавів d-металами VIII групи (у тому числі металами платинової групи, що додатково сприяє підвищенню корозійної стійкості сплавів). Сплави досліджених систем, як видно з дисертаційної роботи, рекомендовано до використання при виготовленні деталей для генераторів та двигунів. Але отримання таких виробів можливе тільки за умов використання новітніх металургійних технологій, які не можливі без досконалого знання відповідних діаграм стану. Такі технології, на базі сучасної наукової бази, забезпечують не тільки високу й сталу якість отримуваних металовиробів, але й оптимальні металургійні і технологічні параметри при процесах їх створення.

Відсутність діаграм стану, або їх недосконалість (особливо для потрійних систем) значно стримує процеси вдосконалення існуючих та розробки нових матеріалів. В цьому випадку науковці та спеціалісти практики змушені використовувати старий, майже забутий та не ефективний метод проб та похибок, який досить важко пристосувати до новітніх технологій, Цей метод суттєво знижує потенційні можливості отриманих матеріалів, погіршує службові характеристики кінцевих виробів.

### **Мета і актуальність роботи.**

Метою представленої до захисту дисертаційної роботи є побудова діаграм стану двох потрійних металічних систем Al-Ti-{Pd, Pt} в широкому температурному та концентраційних інтервалах, базуючись на власних експериментальних даних та літературних відомостях. З мети випливає низка задач дослідження, які автор вирішує по ходу виконання роботи. Всі завдання, які вирішуються, є **своєчасними і актуальними** та на фізико-хімічній основі мають вагомий внесок в металургійну та матеріалознавчу науку. **Цінність** роботи підтверджується ще й тим, що зацікавленість роботою та суттєву допомогу в її виконанні внесли не тільки вчені з Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевіча НАНУ, а й науковці з Німеччини та Ізраїлю.

Робота виконана в рамках декількох відомчих тем ІПМ НАНУ та в рамках науково-технічного співробітництва ІПМ з Інститутом мікроструктурних досліджень Дослідницького центру в м. Юліху (Німеччина).

### **Наукова новизна.**

Більшість наведених в роботі даних для часткових систем Al-AlPd-TiPd-Ti та Al-AlPt-TiPt-Ti в області складів 0-50 %(ат) безперечно отримані вперше (проекції поверхонь солідусу, ліквідусу, ізотермічні перерізи при високих температурах та інше).

Вперше доведено, які фази в цих системах кристалізуються з розплаву, які утворюються в твердому стані за перитектоїдною реакцією і визначено їх температурний інтервал утворення.

В системі Al-AlPt-TiPt-Ti вперше знайдено 8 нових потрійних сполук на додаток до трьох відомих. Встановлено спосіб їх утворення.

Вперше ідентифіковано кристалічну структуру деяких отриманих нових фаз.

Вперше встановлені чотирьохфазні нонваріантні рівноваги в цих системах і температурні інтервали їх утворення.

**Достовірність та обґрунтованість** отриманих автором результатів підтверджується достатньою кількістю і системністю проведених експериментів, що виконані з використанням сучасних методів дослідження за допомогою спеціалістів з України, Німеччини та Ізраїлю. Наукові положення, висунуті в роботі, є достатньо теоретично аргументованими та підтверджуються достатньою кількістю експериментів та публікацій в провідних вітчизняних і закордонних виданнях.

### **Практична значимість результатів дисертації.**

Отримані данні поповнять бази даних з фазових рівноваг та слугуватиме вагомим підґрунтям для науковців –практиків при розробці нових матеріалів з згаданими вище властивостями.

За структурою дисертація складається з вступу, п'яти розділів, висновків, переліку посилань (169 найменувань) та трьох додатків. Основний зміст дисертації викладено на 186 сторінках, що вміщують 52 рисунки, 28 таблиць. Табличні додатки вміщені на 35 сторінках.

**У першому розділі**, на основі критичного аналізу літературних даних, зведені відомості про фазові рівноваги в подвійних системах, які обмежують потрійні системи; а також відомості про часткове дослідження потрійних систем, які автор виносить на захист. В висновках автором зазначено, що потрійні системи малодосліджені і необхідно проведення комплексних систематичних досліджень.

**У другому розділі** описано методи приготування та дослідження сплавів. Зазначено, що використовувались високочисті вихідні метали. В якості інертної атмосфери використовували очищений аргон та гелій, які додатково пропускали

через розплавлений або твердий (при високих температурах) титан. Деякі зразки готували методом індукційного плавлення у підвішеному стані (левітаційне плавлення). В частині розділу, де описані методи дослідження сплавів в литому та відпаленому станах. Тут описані особливості застосування для поставлених завдань методів оптичної та скануючої електронної мікроскопії, рентгенофазового, диференціального термічного та локального рентгеноспектрального аналізів. Також описано метод трансмісійної електронної мікроскопії та метод зональної прецесії електронної дифракції, які проводили в обмеженому обсязі.

**У третьому розділі** наведені результати експериментального дослідження часткової системи Al-AlPd-TiPd-Ti в області складів 0-50 %(ат). В цьому розділі наведені проекції поверхні солідусу та поверхні ліквідусу цієї часткової системи, діаграма плавкості, схема кристалізації, і два ізотермічні перерізи при 1100 і 930°C та інші вагомні діаграми. Також представлені професійно зроблені мікрофотографії сплавів та фрагменти термічних кривих.

**У четвертому розділі,** аналогічно до третього, наведені експериментальні результати досліджень часткової системи Al-AlPt-TiPt-Ti в області складів 0-50 %(ат). Наведені діаграми, мікрофотографії та фрагменти термічних кривих. Зазначено, що до відомих з літератури потрійних фаз знайдено ще 8 потрійних сполук. Визначено розчинність третього компоненту в подвійних фазах.

**П'ятий розділ присвячено** порівнянню діаграм стану потрійних систем на основі подвійної Al-Ti з металами VIII групи. Встановлені деякі розбіжності та аналогії. Прогнозується утворення потрійної сполуки в системі Al-Ti-Co, а для маловивчених систем Al-Ti-Os та Al-Ti-Ir зазначено, що спрогнозувати утворення нових фаз неможливо, необхідні додаткові експериментальні дослідження.

**До дисертаційної роботи О. В. Заїкіної є такі зауваження:**

1. Як побажання, треба зазначити, що крім даних про фазові рівноваги в першому розділі можна було б додати данні про структурно-чутливі фізико-хімічні властивості, які підтверджують (або ні) фазові рівноваги.

2. Чому в роботі данні про значення атомного радіусу взяті за Гольдшмітом, а значення електронегативності за Полінгом, адже є більш нові данні.
3. Викликає сумнів точність визначення витрат ваги сплавів (угар не перевищував 0.5%, а склад зразків брали за розрахунками шихти). Особливо це стосується зразків які були малої ваги (1-3 г) та з великою різницею температур плавлення та густини компонентів. Крім того в роботі описано витрати при термічній обробці, де випаровувався алюміній (стор.51).
4. В роботі склад зразків описували формулами з атомними відсотками (двозначне число) та з одним знаком після коми (наприклад  $Al_{58.1}Ti_{35.5}Pd_{6.1}$ ). Сумнівно, що навіть при угарі 0,5% можна відповідати за знак після коми, а в деяких випадках за знак попереду коми. Також відомо, що точність кількісного визначення алюмінію (компоненту з малим атомним номером) для ЛРСА не велика.
5. Мабуть в додатку (Додаток А) не треба надавати матеріали, які автор не отримав (хоча дуже добре систематизував). В таких випадках (особливо для потрібних систем) в таблиці треба вносити (для порівняння) свої данні, або розташувати їх в першій главі (може навіть замість висновків).
6. Складається враження, що дисертант не завжди правильно оцінює точність отриманих результатів. Так наприклад, в таблицях 4.1-4.5 точність визначення кута  $2\theta$  зазначена до однієї тисячної градуса. Для дифрактометру типу ДРОН точність визначення кута має порядок однієї соті градуса. Точність дифрактометрів німецького або японського виробництва мабуть більша, але не значно. На основі точності визначення кута  $2\theta$  взагалі при застосуванні методу найменших квадратів не більша 0.001 нм і залежить від кута. Для точного визначення параметрів і міжплощинних відстаней застосовуються інші методи (наприклад метод зворотної зйомки на УРС-2, або метод визначення параметрів решітки в прецизійній області (в області кутів  $2\theta$  120-160°).
7. В тексті зустрічаються окремі незрозумілі вислови, неточності та похибки. Є деякі зауваження щодо стилю викладення та оформлення роботи.

Вказані зауваження не впливають на основні досягнення дисертації та її високу якість. Робота Заїкіної О.В. характеризується високим науковим рівнем. Її можна вважати закінченою в рамках поставлених задач. Отримані результати вносять суттєвий вклад у розвиток фізико-хімічних основ металургії та матеріалознавства і відкривають нові можливості для подальшої розробки і вдосконалення нових конструкційних матеріалів.

Робота написана досить професійною мовою, старанно відредагована та досконало оформлена. Автореферат та публікації, за темою представленої роботи, повною мірою розкривають зміст дисертації.

Вважаю, що дисертаційна робота Заїкіної Олександри Вікторівни **“Фазові рівноваги в потрійних системах Al-Ti-Pd та Al-Ti-Pt”** за обсягом, експериментальних даних, новизною, оригінальністю, теоретичною і практичною значимістю отриманих результатів та зроблених висновків, а також за змістом і оформленням повністю відповідає вимогам пп. 9, 11, 12 та 13 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року (із змінами) № 567 щодо кандидатських дисертацій.

Дисертаційна робота відповідає спеціальності 02.00.04 (Фізична хімія), а її автор, **Заїкіна Олександра Вікторівна**, заслуговує присудження їй наукового ступеня кандидата хімічних наук.

Офіційний опонент,  
доктор хімічних наук, провідний науковий  
співробітник кафедри фізичної хімії  
Київського національного університету  
імені Тараса Шевченка

В. Е. Сокольський

