

ВІДГУК

на дисертаційну роботу **УТКІНА** Сергія Вікторовича “Діаграми стану та властивості сплавів систем молібден–залізо–бор і молібден–нікель–бор”, що подається на здобуття наукового ступеня кандидата хімічних наук

Дисертаційна робота **УТКІНА** Сергія Вікторовича присвячена дослідженню характеру фізико-хімічної взаємодії в потрійних Mo–Ni–B і Mo–Fe–B та подвійній Fe–B системах, а також побудові діаграм стану потрійних систем Mo–Ni–B і Mo–Fe–B при вмісті бору до ~ 50% (ат.). Така інформація необхідна для наукового обґрунтування розробки нових зміцнених боридами твердих сплавів і покриттів, а знання про структуру сплавів і процеси, при яких вона формується, дозволяють провести вибір складів сплавів, перспективних для промислового використання, та оптимізувати умови їх виробництва і експлуатації. Все це свідчить про те, що дисертаційна робота виконана в одному з найбільш актуальних напрямків сучасної фізичної хімії.

Дисертаційна робота починається з детального аналізу літературних відомостей про фазові рівноваги у потрійних системах Mo–Fe{Co,Ni}–B, фізико-хімічні властивості їх компонентів, кристалічну структуру фаз, а також відомості про діаграми стану подвійних систем, що обмежують досліджувані потрійні системи. Автором показано, що діаграми стану систем Ni{Co,Mo}–B, а також Mo–Fe{Co} побудовані надійно, діаграма стану системи Mo–Ni потребує деяких уточнень, а для системи Fe–B необхідно створити уточнений термодинамічний опис та отримати надійнішу діаграму стану. Виходячи з проведеного аналізу, **УТКІН С.В.** чітко і грамотно сформулював мету та конкретні завдання дослідження.

В другому розділі автором детально висвітлено методики приготування, аґестації і дослідження сплавів, а також термодинамічного моделювання фазових рівноваг в подвійних та потрійних системах методом CALPHAD. Застосований комплекс експериментальних методів фізико-хімічного аналізу і термодинамічного моделювання дозволив вирішити поставлені завдання дисертаційного дослідження.

В третьому розділі за результатами проведених експериментальних досліджень литих та відпалених при субсолідусних температурах сплавів, а також критичного аналізу літературних даних, вперше побудовано проекцію поверхні солідуса потрійної системи Mo–

Ni–В для всього концентраційного трикутника. Крім того, уточнено будову поверхні ліквідуса в області (Mo)–MoV_{1,0}–NiB_{-0,8}–(Ni), побудовано діаграму плавкості при вмісті бору до 50,0% (ат.) і схему реакцій за Шайлем, що відбуваються при кристалізації сплавів у дослідженій області; показано, що тернарні бориди Mo₂NiB₂, Mo₃NiB₃ і Mo₃NiB₁₁ є стабільними на поверхні солідуса; встановлено, що при температурах солідуса існує тернарна фаза на основі α-MoB та існування каскаду чотирифазних інваріантних рівноваг перехідного *U*-типу за участю рідкої фази в області, багатій на молібден; показано, що отримані результати становлять експериментальну основу для вдосконалення термодинамічних описів трикомпонентної системи Mo–Ni–В і оптимізації її діаграми стану в рамках підходу CALPHAD.

В четвертому розділі наведено результати ключових експериментальних досліджень у вивченні системи Fe–В, за результатами чого удосконалено термодинамічний опис. Виявлено, що Fe₃В кристалізується як метастабільна фаза. На основі отриманих експериментальних даних та відомостей з літературних джерел проведено оптимізацію термодинамічних параметрів і створено термодинамічний опис двокомпонентної системи Fe–В, який враховує наявність α- та β-FeВ і включає феромагнітні перетворення як фазові переходи 2-го роду. Шляхом усунення Fe₂В з термодинамічного опису для подвійної системи Fe–В при термодинамічному моделюванні побудовано метастабільну діаграму стану, яка містить Fe₃В і евтектику (γ-Fe) + Fe₃В.

П'ятий розділ присвячено висвітленню результатів експериментального та розрахункового досліджень фазових рівноваг у потрійній системі Mo–Fe–В. Автором вперше побудовано проекцію поверхні солідуса і діаграму плавкості вказаної системи до 50% (ат.) В; показано, що тернарний борид Mo₂FeВ₂ є стабільним при субсолідусних температурах і має значну область гомогенності за вмістом металів, Mo₃NiВ₃ є стабільним на поверхні солідуса і плавиться інконгруентно, а потрійна система характеризується протяжним каскадом чотирифазних реакцій; вперше експериментально показано, що розчинення молібдену надає термодинамічної стабільності. фазі на основі Fe₃В, а Mo_хFe_{3-х}В існує у вигляді двох модифікацій.

У шостому розділі обговорюються особливості будови діаграм стану подвійних і потрійних систем, утворених металами підгрупи заліза з молібденом і бором. На основі

виявлених закономірностей у будові обмежувачих систем $M^{VIII}-B$ та $Mo-M^{VIII}$, а також експериментально побудованих автором діаграм плавкості систем $Mo-Ni-B$ і $Mo-Fe-B$ зроблено прогноз для побудови поверхні солідуса потрійної системи $Mo-Co-B$.

Отримані в роботі результати мають фундаментальне значення і можуть бути використані як довідниковий матеріал, а також дають можливість прогнозувати тип діаграм стану в інших споріднених системах. Отримані автором результати вирізняються також практичною цілеспрямованістю, оскільки вони дозволяють проводити на науковій основі пошук нових твердих сплавів, зносостійких матеріалів, твердих припоїв, а також магнітних та аморфних сплавів.

Узагальнюючи можна сказати, що **УТКІН С.В.** виконав значне за обсягом наукове дослідження, яке фактично позбавлене не тільки суттєвих недоліків, але й суттєвих зауважень. Як дрібні зауваження хотів би відзначити наступні:

1. Можливо, доцільніше було розділити рецензоване дисертаційне дослідження на дві різні роботи, одну з яких присвятити дослідженню потрійної системи $Mo-Fe-B$ та подвійної системи $Fe-B$, а другу – потрійних систем $Mo-Ni(Co)-B$, тому що матеріалу для однієї кандидатської дисертації явно забагато.

2. Що стосується термінології, то замість “дегенеративного типу” краще використовувати “виродженого типу”, а замість терміну “світлова мікроскопія” – “оптична мікроскопія” (в дисертації використовуються обидва терміни).

3. Вважаю, що в сучасних дисертаційних роботах недоцільно посилатися на старі довідники Хансена М., Андерка К. та Елліота Р.П.

4. В дисертаційній роботі зустрічаються невдалі вирази та русизми, “у кількості”, с. 37, “в якості”, сс. 35, 91, а назва Додатку В в змісті написана неправильно. Крім того, в дисертаційній роботі є перелік умовних позначень, тому не варто було його наводити і в змісті, а також додатково в тексті.

Однак, вказані недоліки носять дискусійний, технічний або доповнюючий характер і не знижують високої наукової вартості дисертаційної роботи **УТКІНА С.В.** Аналіз змісту дисертації, її автореферату та друкованих робіт автора за темою дисертаційної роботи показав достатню ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій та

високу достовірність викладених експериментальних даних і новизну теоретичного обґрунтування.

Анотування дисертації та друковані роботи автора за темою дисертаційної роботи повністю відображають її основний зміст.

Вважаю, що подана до захисту дисертаційна робота “Діаграми стану та властивості сплавів систем молібден–залізо–бор і молібден–нікель–бор”, відповідає всім вимогам, що ставляться до кандидатських дисертацій, і продовжує кращі традиції наукових досліджень відділу фізичної хімії неорганічних матеріалів Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича, а її автор – Сергій Вікторович **УТКІН** заслуговує присудження наукового ступеня кандидата хімічних наук за спеціальністю 02.00.04 – фізична хімія.

Офіційний опонент, докт. хім. наук, проф.,

завідувач відділу ІФН ім. В.С. Лашкарьова

НАН України

В.М.Томашик

Підпис Томашика В.М. засвідчую:

В.о. вченого секретаря ІФН ім. В.С. Лашкарьова

НАН України



Р.А.Редько