

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу  
**Кухара Івана Степановича**

на тему «Вплив структурно-фазового стану хромистих сталей на їх окрихчення у свинцевих розплавах», що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю **05.02.01 – матеріалознавство**

### **Актуальність теми дисертації.**

Енергетична незалежність України пов'язана з подальшим удосконаленням технологічного процесу атомної енергетики та проведенням системних досліджень з майбутнім використанням термоядерних реакторів. З цього приводу проблема рідкометалевого окрихчення нержавіючих сталей різних структурних класів у розплавах на основі свинцю є безперечно актуальною проблемою як з теоретичної, так і з практичної точки зору.

Робота виконувалась у відповідності до тем відомчого замовлення, що проводились у відділі високотемпературної міцності конструкційних матеріалів Фізико-механічного інституту НАНУ, у яких автор брав участь в якості виконавця. В результаті проведених досліджень автором було розроблено технологічні рекомендації, щодо оптимальної структури та фазового складу нержавіючих сталей різних структурних класів, які будуть чинити опір агресивній дії розплавів на основі свинцю та володіти при цьому достатньою довговічністю.

### **Загальна характеристика роботи.**

Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, висновків, додатків та списку використаних джерел із 95 найменувань. Робота має обсяг 110 сторінок, містить 53 рисунки та 5 таблиць.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та завдання дослідження, наведено відомості про апробацію та публікацію основних результатів дисертації.

У **першому розділі** проаналізовано актуальні проблеми й тенденції досліджень з рідкометалевого окрихчення у розплаві свинцю та евтектичних розплавах на основі свинцю. Подано стислу характеристику явищ адсорбції на

границі розділу системи «розплав на основі свинцю - поверхня металевого сплаву у твердому агрегатному стані». Проаналізовано умови роботи енергетичного обладнання в контакті з рідкометалевими теплоносіями та окреслено основні проблеми, що виникають при цьому. Проведений аналіз дозволив автору сформулювати мету та окреслити задачі, що потрібно вирішити у роботі.

**У другому розділі** обґрутовано вибір нержавіючих сталей для дослідження, описано використані у роботі традиційні методи дослідження та більш докладно охарактеризовано експеримент з вивчення характеру взаємодії на границі розділу «розплав – поверхня сталі» та визначення при цьому механічних властивостей на спеціально розробленому у Фізико-механічному інституті унікальному обладнанні.

**У третьому розділі** представлено результати досліджень впливу розплавів на основі свинцю на зміну механічних властивостей досліджуваних сталей за умов розтягу. Виокремлено причини негативного впливу розплавів свинцю на характер руйнування нержавіючих сталей різних структурних класів. Показана можливість використання коефіцієнта впливу середовища для опосередкованої оцінки негативного впливу рідкометалевого середовища. Зокрема показано, що для сталі 20Х13 в розплаві свинцю та евтектики свинець-вісмут відбувається зниження тимчасового опору руйнування. Це явище інтенсифікується із підвищенням температури.

Позитивно, що автор наводить результати порівняльних механічних випробувань, починаючи від модельного матеріалу, за який обрано армко-залізо. Але це стосується лише сталей феритного та феритно-мартенситного класу, бо для сталей аустенітного класу армко-залізо не можна розглядати в якості модельного матеріалу. Підтвердження окрихувальної дії розплаву свинцю автор здійснює на основі фрактографічних досліджень.

**В четвертому розділі** представлено результати оцінки опірності нержавіючих сталей феритного, феритно-мартенситного та аустенітного класів втомному руйнуванню за умов малоциклового навантаження згином як у розплаві свинцю, так і в розплаві свинцево-вісмутової евтектики. Випробування

проводили за температур 350 та 500<sup>0</sup>C при різних амплітудах деформації. Зокрема, автором встановлено, що для сталі марки X18H10T розплав свинцю за максимальної амплітуди деформації вдвічі зменшує кількість циклів до руйнування. Окрихчення цієї сталі підтверджується також і фрактографічними дослідженнями. Як і слід було очікувати у розплаві евтектики свинець-вісмут спостерігається значне зниження довговічності цієї сталі завдяки підвищення схильності до втомного руйнування. Для сталі феритно-мартенситного класу марки 20Х13 середовище розплаву свинцю негативно впливає на її втомну довговічність, що своєю чергою залежить від рівня амплітуд деформації та температури рідкометалевого середовища.

У п'ятому розділі на основі проведених досліджень автор пропонує рекомендації щодо оптимальної структури та фазового складу досліджуваних сталей в розплавах свинцю та свинцево-вісмутової евтектики.

**Висновки** належним чином відображають основні результати дисертаційної роботи.

### **Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих в дисертації, їх достовірність.**

Достовірність наукових положень, висока точність експериментальних результатів, рекомендацій та висновків дисертаційної роботи забезпечені використанням сучасного обладнання науково-дослідних лабораторій, використанням копіткіх методів вивчення структури та фазового складу досліджуваних у роботі матеріалів, коректною інтерпретацією одержаних експериментальних результатів, що узгоджуються з існуючими теоретичними даними в галузі матеріалознавства.

### **Наукова новизна отриманих у роботі результатів.**

Вважаю, що найбільш цінним науковим здобутком роботи є встановлення впливу розміру зерна нержавіючих сталей феритного та аустенітного класів на температурний діапазон рідкометалевого окрихчення в розплавах теплоносіїв на основі свинцю.

## **Практичне значення отриманих результатів**

Практичну цінність даного дослідження підтверджує той факт, що автором запропоновані рекомендації щодо оптимальної структури та фазового складу нержавіючих сталей різних структурних класів для забезпечення опірності корозійно-адсорбційній дії свинцевих теплоносіїв для Національного наукового центру «Харківський фізико-технічний інститут».

## **Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях.**

Основні результати та висновки дисертаційної роботи в повному обсязі висвітлено у 14 працях. З них 8 статей входить до науково метричної бази даних SCOPUS, одна стаття опублікована у міжнародному журналі, зроблено 5 доповідей на вітчизняних та одна на міжнародній конференції. Автореферат дисертації повністю відповідає основним положенням дисертації. Матеріал у роботі викладено логічно, розділи взаємопов'язані і повністю розкривають поставлену в роботі мету.

## **Оцінка мови та стилю дисертації. Відповідність дисертації спеціальності 05.02.01 – матеріалознавство.**

Дисертаційна робота викладена професійно та кваліфіковано. Матеріали досліджень логічно систематизовані та коректно оформлені. За змістом дисертація відповідає паспорту спеціальності 05.02.01 – матеріалознавство.

## **Зауваження до дисертації та автореферату**

1. Вважаю, що недоліком літературного огляду, представленого у першому розділі роботи, є використання малої питомої частки наукових праць останніх років. Натомість забагато уваги автор приділив відомим речам з теорії рідкометалевого окрихчення. Наведені приклади по впливу на РМО розплавів таких чистих металів як Al, Cu, Hg (стор. 30 - 31) та сплавів системи Al – Ga (стор. 39) взагалі не стосуються теми роботи.

2. На стор. 42 автор використовує помилкові твердження про те, що «Питання оцінки ролі структурного фактора (в плані **як макроструктури – структурно-фазового стану сталей, так і мікроструктури – розміру зерна**» ?? Адже ці обидва фактори характеризують мікроструктуру.

3. Під час характеристики досліджуваних матеріалів у другому розділі (стор. 44) автор не подає їх хімічний склад, але для визначення їх структури у вихідному стані та подальшому аналізі схильності цих матеріалів до РМО це має велике значення. Зокрема, сталь, що містить 11 % хрому автор відносить до феритного класу. Це може відповідати дійсності, але при певному вмісті у ній вуглецю. То саме стосується сталі марки X18H10T, кількість вуглецю в якій впливатиме на характер структуроутворення під час масоперенесення.

4. В розділі 3 описуючи результати експерименту з визначення схильності сталі феритного класу до РМО автору необхідно було б навести її мікроструктуру після проведеної термічної обробки. Не зрозуміло, чому саме такий вид обробки було використано. Адже відомо, що ці сталі схильні до інтенсивного росту розміру зерна при високих температурах. Крім того, слід було б впевнитися, що в даному випадку в структурі сталі не відбулось утворення сігма-фази, присутність якої значно посилює її схильність до окрихчення.

5. Не можу погодитись із висновком № 2 за четвертим розділом роботи, який аж ніяк не пояснює відмінності механізмів деформування поверхневих шарів досліджуваних сталей у розплавах свинцю та евтектики. Адже крім адсорбційних чинників в даному випадку слід було проаналізувати явища масоперенесення на границі розділу фаз та врахувати вплив параметрів мікроструктури.

6. За текстом роботи зустрічаються термінологічні та стилістичні недоречності. Наприклад «межа міцності» замість «границі міцності»; «твердість твердого металу»; «метал» замість «сталь або сплав».

Однак слід підкреслити, що зроблені зауваження не знижують цінності досягнутих результатів і наукового рівня дисертаційної роботи.

## **Оцінка змісту дисертації, її завершеність у цілому.**

Вважаю, що за актуальністю, обсягом проведених експериментальних досліджень, їхньою науковою та практичною новизною, дисертація **Кухара Івана Степановича** на тему «Вплив структурно-фазового стану хромистих сталей на їх окрихчення у свинцевих розплавах», є завершеним науковим дослідженням, відповідає вимогам МОНУ та «Порядку присудження наукових ступенів», а її автор заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.01 – матеріалознавство.

### **Офіційний опонент:**

Доктор технічних наук, професор,  
завідувач кафедри прикладного  
матеріалознавства та обробки  
матеріалів Національного університету  
«Львівська політехніка»

З.А. Дурягіна

Підпис професора Дурягіної З.А. засвідчує:

Вчений секретар Національного  
університету “Львівська політехніка”  
доцент, к.т.н.



Р. Б. Брилинський

*Оригінал  
15.11.2018 р. Т.Р.*