

## ВІДГУК

офіційного опонента

Брикова Михайла Миколайовича

на дисертаційну роботу Касьяненка Ігоря Вікторовича

«Підвищення надійності та збільшення ресурсу зварних з'єднань  
паропроводів і роторів турбін ТЕС» ,

яку подано на здобуття наукового ступеня доктора філософії за  
спеціальністю 132 – Матеріалознавство.

### **Актуальність теми.**

Надійність металу зварних з'єднань паропроводів і роторів, довготривало працюючих в умовах повзучості і втоми, а також високих робочих напружень, визначається їх структурно-фазовим станом, що зазнає деградації, і наявністю пошкоджуваності. Тому дослідження і практичні розробки, спрямовані на підвищення якості вихідної структури металу зварних з'єднань, що пов'язано з підвищенням їх механічних властивостей, а також зменшенням деградації і пошкоджуваності, є актуальними.

Робота виконувалась у відповідності до плану науково-дослідної роботи (НДР) Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» за темою «Теоретичні і практичні основи збільшення надійності експлуатації ТЕС», держреєстрація № 0120U101658, у якій автор брав участь як виконавець. В результаті проведених досліджень автор встановив особливості структурних перетворень в металі зварних з'єднань паропроводів (після напрацювання понад 270 тис. год.) і їх залежність від вихідної структури зварних з'єднань, а також залежність від вихідної структури властивостей зварних з'єднань паропроводів і роторів. В роботі здійснено подальший розвиток теоретичних основ впливу фізико-хімічних процесів, що відбуваються в металі зварних з'єднань паропроводів, які довготривало працюють в умовах повзучості і втоми, на структурно-

фазові перетворення їх металу. Обґрунтовано, що уповільнення наведених перетворень зумовлює зменшення пошкоджуваності металу зварних з'єднань. Також встановлено, що зварні з'єднання з більш якісною вихідною структурою характеризуються підвищеними властивостями.

Метою роботи є встановлення закономірності підвищення надійності і збільшення ресурсу зварних з'єднань паропроводів і роторів турбін шляхом визначення впливу структурно-фазових перетворень на властивості і пошкоджуваність наведених зварних з'єднань.

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

У першому розділі наведено огляд літературних джерел стосовно структурного стану, фізико-хімічних процесів, пошкоджуваності і властивостей металу зварних з'єднань паропроводів і роторів, що довготривало працюють в умовах повзучості і втоми. Проаналізовано особливості їх проходження. Зазначено, що наведені особливості відносяться до зварних з'єднань, напрацювання яких є меншим за 250 тис. год. Автор вказав, що при подальшому напрацюванні зварних з'єднань (після 270 тис. год.) наведені особливості зазнали суттєвих змін. І тому дослідження фізико-хімічних процесів, структурних змін, пошкоджуваності і властивостей представляється актуальним. Також автор зазначив, що відомі вчені наводили залежність пошкоджуваності металу зварних з'єднань від наявності крупних аустенітних зерен у їх зоні термічного впливу. Проте, заходи, щоб позбутися таких зерен при зварюванні не було запропоновано.

Аналіз особливостей структурного стану дозволив визначити, що пошкоджуваність і механічні властивості металу зварних з'єднань паропроводів та роторів залежать значною мірою від наявності у вихідній структурі перекристалізованого перліту і крупних аустенітних зерен. Також аналіз літературних джерел показав, що заходи стосовно попередження утворення наведених складових у вихідній структурі відсутні. І тому, після

аналізу структурного стану, автор поставив задачу про створення заходів попередження формування у вихідній структурі наведених структур, які він відніс до браковочних.

У другому розділі описано використання методів, методик, обладнання і матеріалів, що загалом забезпечило вирішення задачі для досягнення поставленої мети.

У третьому розділі наведено результати досліджень структурно-фазового стану, деформації і пошкоджуваності зварних з'єднань паропроводів стосовно їх напрацювання в умовах повзучості і втоми понад 270 тис. год. Встановлено, що пошкоджуваність після напрацювання наведеного терміну переважно залежить від їх структурно-фазового стану. Виявили особливості впливу на пошкоджуваність зварних з'єднань крупних зерен аустеніту і перекристалізованого перліту, що надало змогу розробити заходи з попередження їх формування в зоні термічного впливу.

Четвертий розділ присвячено дослідженню зв'язку структурно-фазового стану зварних з'єднань паропроводів з їх пошкоджуваністю в умовах повзучості і втоми. Обґрунтували залежність структурно-фазового стану зварних з'єднань після їх напрацювання понад 270 тис. год. від наявності в ньому перекристалізованих перлітних складових. Уточнили оціночний критерій надійності металу зварних з'єднань, які тривалий час (понад 270 тис. год.) працюють в умовах повзучості і втоми. Встановлено, що пошкоджуваність зварних з'єднань, яка відбувається за механізмом повзучості і за механізмом втоми, є крихкою. Наведені механізми забезпечують їх пошкоджуваність і руйнування у спільному прояві.

У п'ятому розділі наведено результати визначення надійності і ресурсу роботи зварних з'єднань паропроводів і роторів турбін ТЕС. Вперше досліджено особливості процесів повернення і рекристалізації, які відбуваються в металі зварних з'єднань паропроводів, що довготривало працюють в умовах повзучості і втоми. Виявлено зв'язок проходження наведених процесів від структурно-фазового стану і обґрунтовано заходи з

уповільнення таких процесів. Також досліджено утворення деформації зварних з'єднань в залежності від їх структурно-фазового стану.

Шляхом моделювання зварювального нагрівання зварних з'єднань паропроводів і роторів забезпечили оптимізацію параметрів режиму їх зварювання, що дозволило отримати зазначені з'єднання з покращеними якісними характеристиками їх вихідної структури. Наведені зварні з'єднання мають більш дрібні аустенітні зерна і відсутність перекристалізованого перліту в їх зоні термічного впливу. Отримані зварні з'єднання відповідно мають більш високі механічні властивості.

Висновки належним чином підтверджують основні результати дисертаційної роботи.

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

Достовірність наукових положень, точність отриманих результатів, рекомендацій та висновків дисертаційної роботи забезпечило використання сучасного обладнання, методів методик і відповідних матеріалів, а також коректна інтерпретація одержаних експериментальних результатів, що узгоджуються з відомими теоретичними даними в галузі матеріалознавства та зварювання.

**Наукова новизна одержаних результатів.**

1. Внесено уточнення стосовно впливу фізико-хімічних процесів на структурно-фазові перетворення і формування браковочної феритно-карбідної суміші в структурі зварних з'єднань паропроводів, які експлуатуються понад 270 тис. год. в умовах повзучості.
2. Обґрунтовано залежність формування феритно-карбідної суміші, як браковочної складової в структурі зварних з'єднань паропроводів, від їх вихідного структурно-фазового стану.

3. Вперше досліджено процеси повернення і рекристалізації, що проходять в структурі зварних з'єднань паропроводів, які довготривало працюють в умовах повзучості.
4. Вперше в структурі зони термічного впливу зварних з'єднань паропроводів і роторів запобігли утворенню крупних аустенітних зерен, що суттєво підвищило механічні властивості і надійність їх роботи.
5. Удосконалено заходи стосовно утворення на ділянці неповної перекристалізації зони термічного впливу зварних з'єднань роторів і паропроводів перекристалізованого сорбіту або трооститу.

**Практичне значення роботи** полягає в розробці напряму визначення впливу структурно-фазового стану зварних з'єднань паропроводів і роторів з наявністю браковочних складових на їх механічні властивості, а також на пошкоджуваність в умовах повзучості і втоми при довготривалому напрацюванні.

#### **Повнота викладу результатів дисертації.**

Основні результати роботи відображенні в 26 публікаціях, з них 6 статей у наукових фахових виданнях України, 1 стаття у міжнародній наукометричній базі Scopus, 19 в матеріалах тез конференцій.

Участь здобувача у роботах, що опубліковані у співавторстві, зазначена у дисертаційній роботі.

Опубліковані матеріали повністю відображають зміст дисертації та відповідають вимогам пункту 8 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 р. №44.

## **Оцінка мови та стилю дисертації. Відповідність дисертації спеціальності 132 – Матеріалознавство.**

Дисертаційна робота викладена логічно, послідовно та професійно. Матеріали досліджень систематизовані і коректно оформлені. За змістом дисертація відповідає паспорту спеціальності 132 – Матеріалознавство. Анотація дисертації відтворює основні результати дисертаційної роботи.

### **Академічна доброчесність.**

Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, де висвітлено основні наукові результати дисертації, не виявлено.

Усі результати, що виносяться автором на захист, отримані самостійно і входять до складу опублікованих робіт. У тих роботах, які опубліковані у співавторстві, використовуються тільки ті ідеї, положення та розрахунки, що є результатом особистих наукових пошуків.

### **Зауваження по дисертації.**

1. Здобувачу слідувало б навести в порівнянні, у вигляді таблиці, особливості фізико-хімічних процесів, що проходять в металі зварних з'єднань паропроводів при їх напрацюванні до 270 тис. год. і ті, що проходять після напрацювання понад 270 тис. год. Наприклад, напрацювання ТЕС (м. Енергодар) і ТЕС (м. Харків) складає відповідно близько 250 тис. год. і 200 тис. год., а ТЕС-3 (м. Харків) – понад 300 тис. год. і ТЕС (м. Зміїв) – близько 300 тис. год.
2. Автор розробив спосіб попередження утворення крупних аустенітних зерен в зоні термічного впливу зварних з'єднань паропроводів і роторів. Проте не захистив його ні патентами на винахід, а ні патентами на корисну модель.

3. Стосовно терміну «деградація» автору слідувало б дати своє тлумачення, тобто своє розуміння його сенсу для досліджуваних зварних з'єднань.
4. Таблиці 1.1 і 1.2, краще було б навести у додатках.
5. Опис використання мікроскопів, стор. 39-42, можна було подати у більш скороченому вигляді.
6. Для визначення механічних властивостей зварних з'єднань паропроводів слідувало б у більш повному обсязі навести результати випробування на повзучість і довготривалу міцність, що в значній мірі підсилило б значимість дисертації.
7. Стосовно зварних з'єднань роторів турбін слідувало б навести результати випробувань на втому, що дозволило б підвищити цінність дисертації для енергетики України.

Однак слід підкреслити, що зроблені зауваження не знижують цінності досягнутих результатів, а також наукового та практичного рівня дисертаційної роботи.

## **ВИСНОВОК**

Вважаю, що за актуальністю, важливістю експериментальних досліджень, науковою новизною та практичною цінністю дисертація Касьяненка Ігоря Вікторовича «Підвищення надійності та збільшення ресурсу зварних з'єднань паропроводів і роторів турбін ТЕС» є завершеним науковим дослідженням.

Подана дисертаційна робота «Підвищення надійності та збільшення ресурсу зварних з'єднань паропроводів і роторів турбін ТЕС» Касьяненка І. В. відповідає спеціальності 132 – Матеріалознавство, а також відповідає вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, а саме вимогам пунктів 6, 7, 8 і 9 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора

філософії, затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 р. №44, а здобувач Касьяненко Ігор Вікторович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 – Матеріалознавство.

Професор кафедри «Інтегровані технології зварювання та моделювання конструкцій»  
Національного університету «Запорізька політехніка»,  
д.т.н., професор

Михайло БРІКОВ

Підпис М.М. Брикова засвідчую  
Учений секретар  
канд. соц. наук, доцент



Віктор КУЗЬМІН