

Голові разової
спеціалізованої вченої ради
Харківського національного
університету імені В.Н. Каразіна,
члену-кореспонденту НАН України,
доктору фізико-математичних наук,
професору Валерії ТРУСОВИЙ
майдан Свободи 4, м. Харків, 61022

Рецензія

офіційного рецензента, завідувача кафедри експериментальної фізики Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, доктора технічних наук, професора Пойди Володимира Павловича на дисертаційну роботу **Белих Дмитра Геннадійович «Моделювання фазових перетворень у маловуглецевих сталях та у рідинах поблизу точки кристалізації»**, подану на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали.

1. Обґрунтування вибору теми дослідження.

Мартенситне перетворення, яке було відкрите при вивченні загартування вуглецевих і легованих сталей, є одним із фундаментальних способів перебудови кристалічної решітки, властивим різним класам кристалічних речовин: чистим металам, безвуглецевим сплавам на основі заліза, сплавам кольорових металів, напівпровідників. Для теорії термічної обробки найбільш важливими є дослідження мартенситних перетворень у системах Fe – C та Fe – Ni. Ці системи становлять винятково великий практичний інтерес. Перша – як основа сталей, а друга – як основа групи високоміцних мартенситно-старіючих сплавів. Дослідження фізичної природи та механізму мартенситного перетворення не втрачає актуальності і на даний час, оскільки вченими здійснюється розроблення нових матеріалів, які проявляють надпружність та ефект пам'яті форми, а також інші властивості, які пов'язані з цим перетворенням.

Метою дослідження, результати якого викладені у дисертаційній роботі Белих Д.Г., є розв'язання актуального наукового завдання, яке полягає у розробленні теорій, що можуть бути використані для теоретичного опису та тлумачення фізичної суті низки експериментально досліджених процесів, які відбуваються у ході фазових перетворень у металевих матеріалах при зміні температури.

Об'єктом дисертаційного дослідження є процеси кристалізації в твердих тілах при зміні температури. Предметом дослідження є фізична модель опису процесів кристалізації в твердих тілах при зміні зовнішньої температури, яка повинна враховувати динаміку фазових переходів, структурні зміни, що відбуваються під час перетворень, а також вплив дії різних чинників, зокрема швидкості охолодження або нагрівання матеріалу, на його кінцевий структурний стан.

У дисертаційній роботі теоретично досліджені процеси кристалізації у твердих тілах, які здійснюються при зміні температури, а саме: особливості

зародження і росту кристалів, вплив температурних градієнтів, і взаємодія між фазами під час перетворень. У ній розроблені і обґрунтовані основи нової аналітичної моделі, що може бути використана для розрахунків прямих мартенситних перетворень, які за своєю кінетикою є бездифузійними і приводять до зміни типу кристалічної структури маловуглецевих сталей без перерозподілу компонентів між новими фазами. Отримання нових відомостей про ці процеси необхідне як для розуміння фізичних властивостей сучасних конструкційних матеріалів, так і для поглиблення знань щодо особливостей їх поведінки під дією змінних температур. У зв'язку з наведеним вище можна зробити висновок про те, що тема дисертаційного дослідження Белих Г.Є. є важливою та **актуальною**.

2. Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому і оформлення.

Дисертаційна робота Белих Д. Г. складається із анотацій, викладених українською та англійською мовами, вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних літературних джерел та трьох додатків. Обсяг загального тексту дисертації складає 105 с., з них основного тексту 83 с. Робота містить 15 рисунків та 4 таблиці. Список використаних джерел містить 96 найменувань.

У **Вступі** обґрунтовано вибір теми дисертаційної роботи, сформульовано її мету і основні задачі, вказано об'єкт і предмет дисертаційного дослідження, наведено інформацію про наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, описані методи теоретичних досліджень, які були застосовані здобувачем та визначений особистий внесок здобувача.

У **першому розділі «ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ ДЛЯ ОПИСУ МАРТЕНСИТНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ І ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ СТЕФАНА»** здобувачем критично проаналізовані: феноменологічна теорія фазових переходів у кристалічних середовищах Ландау, теоретичні уявлення про кінетику поліморфного перетворення легованого заліза, існуючі експериментальні дані та теоретичні уявлення щодо кінетики фазових перетворень, які відбуваються при термічній обробці сталей. Розглянуті уявлення про механізм мартенситних перетворень, про вплив легуючих елементів на кінетику розпаду аустеніту та на мартенситне перетворення. Наведені основні методи розв'язку задачі Стефана.

У **другому розділі «МОДЕЛЬ ІНДУКОВАНИХ ІЗОТЕРМІЧНИХ МАРТЕНСИТНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ»** розглянута запропонована автором дисертації система рівнянь, що описує як атермічні, так і ізотермічні прямі мартенситні перетворення у вуглецевих сталях, яка базується на моделі індукованих переходів квазічастинок між енергетичними рівнями, розробленій Альбертом Ейнштейном. Проведено зіставлення ходу експериментально отриманих залежностей процентного вмісту кількості перетвореної аустенітної фази від часу витримки при різних сталих температурах, що описують ізотермічний прямий мартенситний перехід у двох видах легової сталі ($Fe + 0,04 \text{ мас.}\% C + 7 \text{ мас.}\% Cr + 2 \text{ мас.}\% Ni$, $Fe + 0,7 \text{ мас.}\% C + 6,5 \text{ мас.}\% Mn$), відомих із літературних джерел, із

теоретичними залежностями, що були побудовані для цих же сталей за даними розрахунків, виконаних автором дисертації.

У третьому розділі «**ЗАДАЧА СТЕФАНА І НОВИЙ ПІДХІД ДЛЯ ОПИСУ РУХУ МІЖФАЗНОГО КОРДОНУ**» здобувачем було показано, що підсумовування коефіцієнтів дифузії при описі руху міжфазного кордону приводить до так званої модифікованої умови задачі Стефана. На підставі цього було проведене розв'язання задачі Стефана, а також здійснена перевірка кількісної узгодженості між теоретично розрахованим значенням коефіцієнта дифузії із значенням коефіцієнта дифузії, отриманим завдяки проведенню експериментального дослідження кінетики переміщення міжфазного кордону Cu/Sn в результаті ізотермічного відпалу при температурах, що лежать у інтервалі від 433 К до 473 К. Було отримано добру кількісну узгодженість між даними, що були отримані завдяки проведенню розрахунків при моделюванні кінетики зазначеного процесу та завдяки проведенню експериментів.

У кінці кожного з розділів дисертації наведені висновки, які стисло підсумовують основні наукові та практичні результати, отримані у розділі.

У **загальних Висновках** стисло сформульовані основні наукові результати, отримані здобувачем у результаті проведення теоретичних досліджень за темою дисертації.

У **Списку використаних джерел** наведені посилання на використані класичні та сучасні літературні джерела, а також на власні публікації здобувача за темою дисертації.

Основні наукові результати, які склали зміст дисертаційного дослідження Белих Д.Г., були повно опубліковані у 2 статтях у науковому фаховому виданні України «Питання атомної науки і техніки», яке індексується міжнародною науково-метричною базою Scopus. Вони також пройшли апробацію шляхом опублікування у виданні «Вісник херсонського національного технічного університету», яке входить до Переліку наукових фахових видань України, (категорія «Б») за науковим напрямком «Інженерні науки».

Оформлення дисертації Белих Г.Д. відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 440 та наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства освіти і науки № 759 від 31.05.2019).

3. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами

Дисертаційна робота Белих Г.Д. відповідає напрямку наукових досліджень, які проводяться на кафедрі нетрадиційних енерготехнологій Навчально-наукового інституту комп'ютерної фізики та енергетики Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна.

4. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Достовірність наукових результатів, які були одержані Белих Д.Г. при проведенні досліджень за темою дисертаційної роботи, забезпечена тим, що вони отримані із застосуванням надійних та загальноприйнятих методів обчислювальної та математичної фізики. Обґрунтованість наукових висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі Белих Д.Г., забезпечується тим, що їх тлумачення було проведене на основі існуючих сучасних фундаментальних теоретичних уявлень щодо механізмів фізичних процесів, які досліджуються. Про обґрунтованість висновків дисертаційної роботи свідчить також те, що дані, отримані у результаті проведення теоретичних розрахунків, добре узгоджуються з даними, отриманими внаслідок проведення експериментів.

5. Основні наукові результати, одержані автором та їх новизна.

Як зазначено у тексті дисертаційної роботи у результаті проведення досліджень за темою дисертації здобувач Белих Г.Д. отримав такі нові наукові результати:

1. Вперше розроблено аналітичну модель прямих мартенситних перетворень, засновану на дворівневій системі Альберта Ейнштейна, що дає наближений до експериментальних даних результат.

2. Вперше враховано ймовірність спонтанного переходу індукованих частинок.

3. Вперше було розглянуто модель для опису фазових перетворень вуглецевих сталей, а саме: нікелевих і марганцевих, що показали гарну кількісну відповідність.

4. Вперше аналітична модель опису мартенситних перетворень дає відповідність експериментальним даним для високих і низьких температур.

5. Вперше запропонована модифікована умова задачі Стефана, що отримана з рівняння зміни концентрації фаз одновимірної двофазної задачі Стефана методом інтегрування за тонким перехідним шаром.

6. Вперше проведене порівняння теоретичного розгляду задачі Стефана з використанням нового підходу в описі руху міжфазного кордону з експериментальними даними вказує на справедливості запропонованого способу одержання умови задачі Стефана.

6. Практичне значення одержаних результатів.

Наукові та практичні результати, що отримані у дисертації Белих Д.Г., шляхом проведення теоретичного опису досліджуваних ним явищ, можуть бути використані для поглиблення та вдосконалення фундаментальних наукових знань щодо особливостей мартенситного перетворення, яке здійснюється у ході термічної обробки маловуглецевих малолегованих та маловуглецевих високолегованих (мартенситних) сталей, що важливо для розуміння впливу фазового та структурного стану цих матеріалів на їх механічні властивості, зокрема на твердість та міцність. Результати роботи, що в певній мірі доповнюють вже існуючі теорії мартенситного перетворення,

є важливими для більш глибокого розуміння процесів, що відбуваються у кристалічних матеріалах у його ході. Вони становлять практичну цінність і можуть бути використані фахівцями, що здійснюють пошукові роботи щодо оптимального складу та прогнозування необхідних характеристик при розробці нових мартенситних сталей, з яких виготовляють деталі парових котлів, компресорів газових турбін тощо, що експлуатуються при високих температурах під дією агресивного газового середовища або перегрітої водяної пари, а також при вдосконаленні і оптимізації режимів термічної обробки маловуглецевих сталей та створенні нових спеціальних конструкційних матеріалів з унікальними властивостями. Результати, отримані шляхом моделювання та розрахунків із використанням задачі Стефана, що ґрунтуються на застосуванні нового підходу в описі руху міжфазного кордону та описують фазовий перехід на рухомій межфазній межі, можуть бути використані при вивченні процесів кристалізації.

7. Дотримання академічної доброчесності.

На підставі вивчення змісту дисертаційної роботи і наукових публікацій Белих Г.Д. за темою дисертації, що був проведений у ході її рецензування, а також з врахуванням інформації, наведеної у **Витязі** з протоколу № 6/24 засідання кафедри нетрадиційних енерготехнологій Навчально-наукового інституту комп'ютерної фізики та енергетики Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна від «10» червня 2024 р., можна стверджувати, що порушень академічної доброчесності, фактів академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації у дисертації Белих Г.Д. не встановлено, а деякі наявні запозичення, виявлені у дисертації Белих Г.Д. антиплагіатною інтернет-системою Stricplagiarism.com, не є академічним плагіатом.

8. Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації.

1. При викладенні у літературному огляді інформації про фазові перетворення, які відбуваються у сталях при їх термообробці, необхідно було навести характерні види мікроструктур, про які йде мова у тексті.

2. Для підтвердження запропонованої до розгляду аналітичної моделі прямих мартенситних перетворень здобувачу доцільно було б провести розрахунки не лише за даними, наведеними в класичних працях Г.В. Курдюмова, як це зроблено в дисертації, але й за літературними даними, наведеними в працях сучасних дослідників, що були отримані з використанням новітніх методів вимірювань та сучасного обладнання.

3. Запропонована аналітична модель, яка базується на моделі індукованих переходів квазічастинок між енергетичними рівнями, дає можливість розрахувати відносну кількість аустеніту, перетвореного в мартенсит в результаті здійснення мартенситного перетворення, однак вона не враховує визначальну роль локальних механічних напружень, що виникають при цьому перетворенні на здійснення зсувів, які приводять до утворення характерного рельєфу на полірованій поверхні зразків сталі, а також двійників, дефектів пакування та дислокацій.

4. У підписах під рисунками, які наведені в дисертаційній роботі, відсутні посилання на літературні джерела, з яких вони запозичені, що утруднює роботу з текстом дисертації.

Зазначені зауваження не впливають на достовірність основних наукових результатів та на обґрунтованість висновків, які отримані у дисертації.

9. Загальні висновки щодо дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Бєлих Дмитра Геннадійовича «Моделювання фазових перетворень у маловуглецевих сталях та в рідинах поблизу точки кристалізації», представлена на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали, є актуальною, завершеною кваліфікаційною науковою роботою, яка виконана на належному науково-теоретичному рівні та відзначається логічно та доступно викладеним матеріалом.

У дисертаційній роботі Бєлих Д.Г. вирішене важливе актуальне наукове завдання, яке полягає у розробленні основ аналітичних теорій, які можуть бути використані для прогнозування, теоретичного опису та тлумачення фізичної суті низки експериментально досліджених процесів, що відбуваються у ході фазових перетворень у металевих матеріалах при зміні температури. Це переконливо свідчить про те, що Бєлих Д.Г. у повній мірі оволодів методологією наукової діяльності та має високий рівень теоретичних знань, відповідних умінь, навичок і компетентностей. Вважаю що здобувач Бєлих Дмитро Геннадійович заслуговує на присудження йому ступеня доктора філософії з галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали.

Офіційний рецензент,
доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри
експериментальної фізики
Харківського національного
університету імені В.Н. Каразіна

Володимир ПОЙДА

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 14:10:08 11.08.2024

Назва файлу з підписом: Рецензія Пойди В.П..pdf.asice
Розмір файлу з підписом: 914.5 КБ

Перевірені файли:
Назва файлу без підпису: Рецензія Пойди В.П..pdf
Розмір файлу без підпису: 964.2 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: ПОЙДА ВОЛОДИМИР ПАВЛОВИЧ
П.І.Б.: ПОЙДА ВОЛОДИМИР ПАВЛОВИЧ
Країна: Україна
РНОКПП: 1970209477
Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА
Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 14:05:53
11.08.2024
Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"
Серійний номер: 5E984D526F82F38F04000000FC75780121A14F05
Алгоритм підпису: ДСТУ 4145
Тип підпису: Удосконалений
Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)
Формат підпису: З повними даними для перевірки (XAdES-B-LT)
Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2024.04.15 13:00

Голові разової
спеціалізованої вченої ради
Харківського національного
університету імені В. Н. Каразіна
професору Валерії ТРУСОВІЙ
майдан Свободи 4, м. Харків, 61022

РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента, професора ЗВО, в.о. завідувача кафедри матеріалів реакторобудування та фізичних технологій ННІ «Фізико-технічний факультет» Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна Литовченка Сергія Володимировича на дисертаційну роботу Белих Дмитра Геннадійовича «Моделювання фазових перетворень у маловуглецевих сталях та у рідинах поблизу точки кристалізації», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали» з галузі знань 10 «Природничі науки».

Обґрунтування вибору теми дослідження.

Огляд сучасного стану та перспектив розвитку інноваційних технологій свідчить, що у переважній кількості випадків прогрес стримується відсутністю матеріалів з необхідним комплексом властивостей. Саме обмеженість можливостей відомих матеріалів є причиною певного стримування технічного та технологічного прогресу. Зараз фахівці-матеріалознавці ще далеко не завжди здатні вирішувати задачі створення матеріалів з наперед заданим конкретним комплексом властивостей та необхідним кількісним рівнем цих властивостей. Реальним шляхом подолання зазначених проблем є послідовне вивчення особливостей зв'язків у ланцюзі характеристик матеріалів «склад – структура – властивості» на всіх ієрархічних рівнях їхньої будови від макрорівня до нанорівня або навіть атомарного рівня. Таке вивчення, зрозуміло, не може не містити базових теоретичних досліджень, висновки яких будуть покладені в основу експериментальних матеріалознавських робіт та технологічних розробок. Виходячи з зазначеного, дисертація Д. Г. Белих, спрямована на розв'язання та уточнення теоретичних моделей, які описують фазові перетворення у кристалічних середовищах та розплавах, зокрема мартенситні перетворення у сталях, є актуальною, а її результати є важливими для подальших експериментальних досліджень особливостей фазових перетворень у сталях.

Загальна характеристика дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота виконана в Харківському національному університеті імені В.Н. Каразіна. Дисертаційна робота складається з анотацій українською та англійською мовами, вступу, 3 розділів, висновків, переліку використаної літератури, який містить 99 найменувань, та 1 додатку. Загальний обсяг роботи складає 108 сторінок. Робота ілюстрована 14 рисунками та містить 4 таблиці.

У **вступі** наведено обґрунтування вибору теми, визначено мету й завдання дослідження, його об'єкт та предмет, методи дослідження, розкрито наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, зазначено особистий внесок здобувачки при виконанні дослідження, наведено перелік наукових публікацій за темою дисертації та інформацію стосовно апробації матеріалів дисертації.

Зазначу, що у мене є низка зауважень до певних формулювань у вступі, конкретніше ці зауваження приведені нижче у відповідному розділі рецензії.

У **першому розділі оглянуто** відомі як класичні, так і сучасні теоретичні напрацювання стосовно опису мартенситних перетворень і розв'язання задачі Стефана (опис зміни фазового стану речовини у випадку рухомої фазової межі). Розглянуто феноменологічну теорію фазових переходів Л. Ландау, результати роботи Л. Когана з досліджень кінетики поліморфного перетворення легованого заліза, теорію ізотермічного мартенситного перетворення, а також наведено інформацію про деякі питання термічної обробки сталі (зокрема процес аустенізації, розпад аустеніту, мартенситне перетворення, вплив легування на фазові перетворення), постановку та методи розв'язання задачі Стефана.

У **другому розділі** дисертації наведено власні результати автора з досліджень мартенситного перетворення у сталях та формування певних фаз. Система рівнянь, запропонована автором, може бути застосована для опису як атермічних, так і ізотермічних прямих мартенситних перетворень у вуглецевих сталях. Основою опису є розроблена А. Ейнштейном модель індукованих переходів квазічастинок між енергетичними рівнями. Запропонована автором модель застосована для опису процесу фазових перетворень (вмісту кількості перетвореного аустеніту) у сталях, легуваних нікелем та марганцем, в залежності від тривалості витримки при різних температурах. Проведено порівняння розрахункових даних з відомими експериментальними даними.

У **третьому розділі** представлено результати розв'язання задачі Стефана за умови підсумовування коефіцієнтів дифузії при описі руху міжфазного кордону (так звані модифіковані умови задачі Стефана). Перевірено кількісне узгодження теоретично розрахованого значення коефіцієнта дифузії з даними експериментального дослідження кінетики переміщення міжфазного кордону в системі Cu/Sn.

У **загальних висновках** стисло наведено основні результати проведених автором теоретичних досліджень за темою дисертації. Ці висновки повністю відповідають змісту роботи.

Список використаних джерел містить посилання на відповідні літературні та власні публікації за темою дисертації. До кожного розділу також наведено висновки, які підсумовують основні положення. Усе це вказує на завершеність цієї роботи.

Наукова новизна полягає у таких основних результатах:

1. Розроблено засновану на дворівневій системі А.Ейнштейна аналітичну модель прямих мартенситних перетворень, що дає наближений до експериментальних даних результат.

2. При описі спонтанного переходу індукованих частинок враховано ймовірність цього процесу.
3. Розглянута модель опису фазових перетворень у вуглецевих сталях, легованих нікелем і марганцем, показала гарну кількісну відповідність теоретичних даних з експериментальними результатами. Залежності, використані у розробленій аналітичній моделі опису мартенситних перетворень, дають можливість визначати відносну кількість залишкового аустеніту в сталі при перетворенні при високих і низьких температурах.
4. Запропонована модифікована умова задачі Стефана при описі взаємодії металів у рідкому стані на межі розділу і у перехідному шарі, що дає результат теоретичного розрахунку, який добре узгоджується з експериментальними даними.

Практичне значення результатів дисертації.

У рамках дисертаційної роботи були отримані теоретичні результати, які поглиблюють фундаментальні наукові знання про особливості мартенситного перетворення, яке відбувається при здійсненні термічної обробки маловуглецевих малолегованих та високолегованих сталей. Це важливо для поглиблення розуміння зв'язку структурно-фазового стану зазначених матеріалів з їхніми конструкційними властивостями, в першу чергу твердістю, міцністю, пластичністю, що може бути підставою для коригування та оптимізації режимів термічної обробки конкретних сталей.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Аналіз тексту дисертації та змісту публікацій Белих Г.Д. дає змогу зробити висновок, що результати є науково обґрунтованими, достовірними та відповідають меті та завданням дисертаційної роботи. Достовірність та обґрунтованість наукових результатів і висновків дисертаційної роботи базуються на комплексі взаємодоповнюючих теоретичних методів дослідження механізмів фазових перетворень у кристалічних тілах і процесів взаємодії рідин на межі поділу. Належна узгодженість отриманих теоретичних результатів з експериментальними даними також свідчить про обґрунтованість висновків дисертаційної роботи

Апробація та публікації.

Результати дисертації висвітлено у **2 наукових статтях** у фахових виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science та за даними Scientific Journal Rankings належать до квартиля Q3. Ще одна публікація у фаховому журналі засвідчує апробацію результатів дисертації.

Оформлення дисертації та академічна доброчесність.

Оформлення, зміст, структура дисертації та кількість публікацій в основному **відповідають вимогам** «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу

вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44) та наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. №40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації».

На підставі детального розгляду тексту дисертації, посилань, статей здобувача та протоколу контролю оригінальності (перевірку можливої наявності текстових запозичень виконано в інтернет-системі Strikeplagiarism.com) встановлено, що дисертаційна робота **виконана самостійно**, текст дисертації **не містить плагіату**, а дисертація **відповідає усім вимогам академічної доброчесності**.

Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації.

1. До змісту та інтерпретації наведених в тексті даних та зроблених висновків:

- В анотації (с. 2) та вступі (с. 18) зазначено, що «Термічна обробка металевих виробів є надзвичайно складним технологічним процесом...». Вважаю таку оцінку дещо перебільшеною, особливо з урахуванням обсягу наявної довідкової та нормативної документації з цих питань, хоча важливість такої обробки є беззаперечною. Далі у тих саме абзацах зазначається, що процес «спрямований на отримання необхідної мікроструктури та відповідних властивостей». Нагадаю, що практично всі класичні посилання на термічну обробку та її види згадують крім структури ще і фазовий склад, чого в дисертації немає.
- В тексті дисертації двічі (так треба за вимогами) приведено мету, об'єкт та предмет досліджень: спочатку в анотації, а потім в основному тексті. Звертаю увагу, що за анотацією (с. 3) «Метою дослідження є пошук теорій, які **точно** описують експериментальні результати фазових перетворень...», а за основним текстом (с. 23) «Метою дослідження є пошук теорій, які **адекватно** описують експериментальні результати фазових перетворень...». По-перше, автор теорії «шукає» чи «створює»? По-друге, точний опис та адекватний опис – різні поняття, принаймні необхідно пояснити ступінь точності або ознаки адекватності.
- Вважаю, що визначення об'єктом дослідження «...процеси кристалізації у твердих тілах при зміні температури» (с. 4, 23) є значним перебільшенням, треба дати конкретніше формулювання, пов'язане, принаймні, з мартенситним перетворенням.
- На мою думку, фраза «Предметом дослідження є фізична модель, яка описує процеси кристалізації у твердих тілах при зміні зовнішньої температури» (с. 4, 23 – 24) містить некоректність: кристалізація відбувається внаслідок зміни внутрішньої температури об'єкта, хоча ця температура може змінюватись через вплив саме зовнішньої, все залежить від умов енерго- та теплообміну.
- При описі особливостей процесів перетворення вуглецевої сталі (с. 20) зазначено, що (цитата) «Перетворення є бездифузійним процесом». Це не завжди так. Коректніше зазначити, що робота розглядає лише такі процеси. Відомо, що невеликі переохолодження аустеніту ініціюють саме дифузійне

перетворення, а бездифузійним процес стає при великих переохолодженнях.

- При описі наукової новизни результатів (с. 24) автор вказує на «...відповідність аналітичної моделі мартенситних перетворень експериментальним даним для високих і низьких температур». Бажано пояснити, які конкретно температури автор вважає «високими», а які – «низькими».
- На с. 34 зазначено (цитата): «...зниження температури уповільнює процес за рахунок... можливості накопичення кількості вуглецю, необхідної для утворення цементиту [43]». Робота, на яку посилається автор, присвячена вивченню сплаву Cu-Sn. Аналогічне питання до фрази на с. 35: «Контроль температури... дозволяє... впливати на мікроструктуру сталі, а отже і на її кінцеві властивості [44]», оскільки посилання зроблене на статтю про фазові перетворення у церії.
- Вважаю, що висновки до розділу 1 (с. 48-49) недостатньо обґрунтовують сформульовані завдання дисертаційного дослідження та доводять необхідність створення нових моделей мартенситного перетворення та нових підходів розв'язання задачі Стефана. Основою доведення такої необхідності міг би бути критичний аналіз існуючих теорій та методик розрахунків.
- У передмові до основних висновків (с. 95) є словосполучення «структурні і механічні властивості». На мою думку, структура не має властивостей, а має характеристики або певні показники. Далі, є фраза: «У результаті проведених досліджень вдалося визначити ключові фактори, що впливають на процеси мартенситного перетворення». Питання: а до вас такі фактори визначені не були? Які саме фактори ви вважаєте «ключовими»?
- У висновку 1 зазначено: «...в подібній системі рівнянь буде враховано ймовірність індукованих переходів». Чому майбутній час? Хіба це не зроблено?
- Наскільки коректно вважати перевірку модифікованих умов Стефана за допомогою експериментальних даних про зміщення межі розділу Cu/Sn під час дифузійного з'єднання в результаті ізотермічного відпалу (висновок 4) верифікацією для результатів описів мартенситних перетворень?

2. До опису дослідницьких методик та завдань:

- На с. 23 надано два окремих завдання роботи, хоча друге завдання фактично є аналогічним першому, лише викладене ширше та іншими словами. Головне: за першим завданням – **розробка теорій**, за другим – **продовження пошуку теорій**.
- Серед наведених методів дослідження (с. 24) є такі: **2. Розробка нової аналітичної моделі для розрахунків. 3. Застосування моделі для опису прямих мартенситних перетворень**. Вважаю, що це не є методами досліджень, а скоріше є завданнями дослідження.

3. До відображення даних на рисунках та у таблицях:

- На с. 20 зазначено (цитата): «При концентрації вуглецю C_0 перетворення протікає в певному температурному інтервалі (див. Рис. 3.1)», хоча цей рисунок (с. 82) ніяк не ілюструє зв'язок з температурою.
- Зображення ОЦК та ГЦК ґраток (рис. 1.1) є хрестоматійними та широко відомими всім матеріалознавцям, у дисертації доктора філософії можна було б їх і не наводити.
- До рис. 1.2 бажано додати пояснення та опис, також необхідно додати посилання на джерело, звідки цей рисунок був взятий.
- Український правопис передбачає, що десяткова частина числа відокремлюється від цілої частини комою, а не точкою (табл. 2.1-2.4).
- Не на всіх рисунках позначені координатні осі.
- Оскільки обраний на кривих рис. 2.4 масштаб не дає можливості добре розрізнити розбіжності експериментальних даних з розрахунковими, бажано додати дані про величину таких розбіжностей.

4. До термінології, оформлення та стилістики:

- Порушено деякі вимоги до оформлення дисертації. Так, у змісті відсутні назви розділів роботи. В описі структури та обсягу дисертації (с. 25) зазначено, що робота містить 15 рисунків (реально – 14), а список джерел містить 98 найменувань (реально – 99).
- В анотації роботи (с. 3) застосовано термін «методи нагрівання і охолодження». Вважаю, що коректнішим в цьому випадку буде термін «способи».
- Є порушення вимог та єдності форматування тексту (шрифт рисунків різного розміру, застосування напівжирного шрифту у назвах підрозділів, відсутність необхідних пропусків між підрозділами, текстом та рисунками порушення стилю нумерації заголовків підрозділів);
- У тексті наявні граматичні, синтаксичні та стилістичні помилки, порушення послідовності слів у реченнях, порушення правил правопису фізичних величин та пунктуації. Так, у висновку 1 до розділу 1 (с. 48) є фрази: «**Мартенситні перетворення** (*множина*) важко вивчати експериментально через **його** (*однина*) мікроскопічний характер і високу швидкість перетворення. Тому не завжди можна докладно спостерігати його динаміку і **властивості**». Незрозуміло, що таке **властивості перетворення**?
- Наявні деякі невдало побудовані фрази та окремі слова, які можна запропонувати замінити (за допомогою – з застосуванням, присутністю – наявністю, більш точні – точніші, строгого – суворого, тривимірного – тривимірного, більш ефективні – ефективніші, викликають – обумовлюють, являється – є, такий же – такий самий, елементарний осередок – елементарна комірка).
- Порушена єдність стилю оформлення списку використаних джерел.

Порушено послідовність нумерації посилань.

- У списку використаних джерел з 99 позицій робіт за останні 5 років всього 6, з них 3 – це роботи автора, а ще 2 – роботи його наукового керівника. Постає питання: або інші науковці не цікавляться аналогічною тематикою (тоді є сумнів в актуальності), або автор не знає про такі дослідження (тоді є питання до новизни). Додатково зазначу, що посилання на роботу [23] (публікація 2022 р.) на с. 21 зроблено до фрази «Розмір кристалів мартенситу залежить від початкового стану зерен аустеніту», а саму статтю присвячено дослідженню багатошарових нітридних вакуумно-дугових покриттів.
- Є значна низка дублювань окремих частин тексту.

Досить велика кількість зроблених зауважень не знижують наукової цінності та практичного значення отриманих здобувачем результатів. Загальна оцінка роботи є позитивною.

Загальні висновки.

Дисертація Белих Дмитра Геннадійовича є завершеною кваліфікаційною науково-дослідною роботою, має наукову новизну та практичну значимість. Зміст повністю відображає основні наукові положення дисертації.

Дисертаційна робота Белих Дмитра Геннадійовича «Моделювання фазових перетворень у маловуглецевих сталях та в рідинах поблизу точки кристалізації» за актуальністю, змістом та повнотою викладу її результатів у публікаціях здобувача, обсягом і оформленням відповідає спеціальності 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали», вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44).

Вважаю, що Белих Дмитро Геннадійович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – «Природничі науки» за спеціальністю 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали».

Офіційний рецензент,
доктор технічних наук,
професор ЗВО, в.о. завідувача кафедри матеріалів
реакторобудування та фізичних технологій
ННІ «Фізико-технічний факультет»
Харківського національного
університету імені В.Н. Каразіна

Сергій ЛИТОВЧЕНКО

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 14:15:39 12.08.2024

Назва файлу з підписом: Рецензія Литовченко_готово.pdf.p7s
Розмір файлу з підписом: 261.2 КБ

Перевірені файли:

Назва файлу без підпису: Рецензія Литовченко_готово.pdf
Розмір файлу без підпису: 243.9 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: ЛИТОВЧЕНКО СЕРГІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ

П.І.Б.: ЛИТОВЧЕНКО СЕРГІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ

Країна: Україна

РНОКПП: 2128001216

Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА

Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 14:15:40
12.08.2024

Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"

Серійний номер: 5E984D526F82F38F04000000E6DC22014D767204

Алгоритм підпису: ДСТУ 4145

Тип підпису: Удосконалений

Тип контейнера: Підпис та дані в одному файлі (CAAdES enveloped)

Формат підпису: З повними даними ЦСК для перевірки (CAAdES-X Long)

Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2024.04.15 13:00

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Белих Дмитра Геннадійовича на тему «Моделювання фазових
перетворень у маловуглецевих сталях та у рідинах поблизу точки
кристалізації», представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії
в галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 105 Прикладна
фізика та наноматеріали

Актуальність теми дисертації.

Інноваційний розвиток багатьох галузей економіки висуває нові вимоги до матеріалів, що використовуються при виготовленні виробів різного призначення. Особливо гостро проблема створення і застосування матеріалів з новим, більш високим рівнем властивостей постає у ракетно-космічній і авіаційній техніці, машинобудуванні, оборонній і атомній промисловості, енергетиці. Сучасний погляд на зазначену проблему полягає у тому, що її вирішення потребує послідовного розв'язання низки складних задач, пов'язаних, у тому числі, з теоретичним обґрунтуванням механізмів і процесів фазоутворення в металах, сталях і сплавах. Тому дисертація Белих Д.Г., спрямована на розробку адекватних теоретичних моделей фазових перетворень у кристалічних середовищах та розплавах, з метою їх застосування при створенні матеріалів з покращеними властивостями, є, безумовно, актуальною.

Оцінка змісту та завершеності дисертації

Дисертація має обсяг основної частини 80 сторінок, складається з анотацій, вступу, трьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел з 98 найменувань та додатку.

Дисертація має струнку загальну структуру, логічно побудована і являє собою завершену комплексну роботу, яка містить результати досліджень від аналізу теорій фазових перетворень, факторів, що впливають на процеси утворення та перетворення фаз в металевих матеріалах, до розробки нових теоретичних моделей процесів.

У першому розділі дисертації виконаний аналіз теорій і механізмів фазових перетворень в сталях, теоретичних методів опису процесів фазоутворення у кристалічних тілах. Розглянуто вплив енергетичних, термічних, мікроструктурних параметрів – температура, швидкість охолодження, розмір зерна та інших, - і вмісту легувальних елементів на процеси мартенситного перетворення. У той же час, недостатньо, на мій погляд, у дисертації обґрунтовано висновок, що «існуючі моделі не повністю враховують усі аспекти процесу» мартенситного перетворення (п. 2, Висновки до розділу 1), а також необхідність залучення розв'язання задачі Стефана з використанням нових моделей.

Важливі і цікаві результати досліджень мартенситного перетворення у сталях, формування фазового складу, представлено у другому розділі. Розроблено модель, яка адекватно описує як атермічні, так і ізотермічні

мартенситні перетворення в вуглецевих сталях, яка базується на теорії індукованих переходів квазічастинок між енергетичними рівнями і використовує принцип детальної рівноваги. Показано особливості застосування моделі в залежності від температури матеріалу і хімічного складу сталей, легованих нікелем та марганцем. Порівняння результатів розрахунку за створеною моделлю та експериментів, проведених іншими вченими, довело хорошу збіжність даних, що дозволяє стверджувати можливість використання моделі на практиці при прогнозуванні режимів термічної обробки.

Третій розділ дисертації присвячено теоретичному дослідженню процесів взаємодії металів у рідкому стані на межі розділу і у перехідному шарі з застосуванням модифікованої умови Стефана. Запропоновано модель, яка ґрунтується на використаному припущенні, що у перехідному шарі коефіцієнти дифузії обох фаз підсумовуються і коефіцієнт дифузії $\beta(\alpha)$ фази множить на похідну концентрації за протилежною координатою $\alpha(\beta)$ фази. Проведено перевірку результатів розрахунків за теоретичною моделлю порівнянням з експериментальними даними про зміщення межі розділу Cu/Sn під час дифузійного з'єднання при ізотермічному відпалі і виявлено, за твердженням автора, хорошу кількісну відповідність, хоча фактичні дані в дисертації не наведені.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірності.

Використання комплексу сучасних та взаємодоповнюючих теоретичних методів дослідження механізмів фазових перетворень у кристалічних тілах і процесів взаємодії рідин на межі поділу обумовлюють високу достовірність отриманих результатів. Наукові положення і висновки, розвинуті у дисертації, обґрунтовані, базуються на аналізі явищ та процесів, що досліджуються, проведеному на сучасному рівні комплексі теоретичних досліджень та розробкою рекомендацій щодо використання розроблених моделей.

Висновки, що сформульовані в роботі, не суперечать класичним уявленням щодо формування структури та властивостей матеріалів.

Основні наукові результати та їх наукова новизна

Серед результатів, які отримані при виконанні досліджень вперше і, безумовно, мають наукову новизну, слід зазначити наступне:

- розроблено модель, що адекватно описує атермічні і ізотермічні мартенситні перетворення в вуглецевих сталях, яка базується на теорії індукованих переходів квазічастинок між енергетичними рівнями і використовує принцип детальної рівноваги;
- отримано залежності, які дозволяють визначати відносну кількість залишкового аустеніту в сталі при перетворенні при різних температурах;
- розроблено модель взаємодії металів у рідкому стані на межі розділу і у перехідному шарі з застосуванням модифікованої умови Стефана, яка ґрунтується на використаному припущенні, що у перехідному шарі коефіцієнти

дифузії обох фаз підсумовуються і коефіцієнт дифузії $\beta(\alpha)$ фази множитья на похідну концентрації за протилежною координатою $\alpha(\beta)$ фази.

Результати дисертаційного дослідження мають і прикладну цінність, оскільки використання розроблених моделей дозволяє прогнозувати режими термічної обробки сталей з метою підвищення їх властивостей.

Зауваження до викладеного у дисертації.

Відзначаючи хороший рівень роботи, наукове та прикладне значення результатів доцільно зробити деякі зауваження і побажання:

- автор стверджує, що вперше розроблено модель для опису фазових перетворень у вуглецевих сталях, використання якої забезпечує високу збіжність розрахункових і експериментальних результатів. Але у роботі відсутній ґрунтовний аналіз існуючих теорій мартенситного перетворення з зазначенням їх недоліків;

- як положення наукової новизни зазначено «Вперше аналітична модель опису мартенситних перетворень дає відповідність експериментальним даним». Моделі інших вчених не дозволяють описувати мартенситні перетворення?

- потребує уточнення твердження автора, що швидкість перетворення аустеніту в мартенсит залежить від початкової кількості аустеніту (Висновки до розділу 2);

- потребує уточнення формулювання мети, завдань, об'єкту дослідження. Метою дослідження зазначено пошук теорій, а основним завданням – розробку теорій. Об'єкт дослідження – «процеси кристалізації в твердих тілах», а мартенситні перетворення?

- при обґрунтуванні необхідності рішення задачі Стефана автор зазначає, що вона «допомагає розробляти більш ефективні та енергозберігаючі системи опалення, охолодження та виробництва електроенергії;... технологій відновлюваної енергії, таких як сонячні батареї та термоелектричні пристрої». Яке відношення це має до теми дисертації?

- чудово, що при аналізі стану досліджень, пов'язаних з темою дисертації, автор використовує фундаментальні роботи, навіть 1889 року. Але відсутність аналізу результатів сучасних досліджень викликає подив – у списку використаних джерел є тільки 4 статті інших дослідників, опубліковані за останні 5 років. Чи знайомий автор з результатами сучасних досліджень? Або такі дослідження не проводяться?

- є зауваження до оформлення дисертації. На сторінках 22, 44, 77 повторюються повністю по 3 абзаци тексту, також по 3 абзаци повторюються на стор. 46-48 та 79-80. У Списку використаних джерел різні посилання оформлені за різними стандартами та стилями.

Але зазначені зауваження не знижують наукової та практичної цінності виконаної роботи.

Повнота викладу результатів дисертації в публікаціях.

За темою дисертації опубліковано 3 статті в українських журналах, у тому числі 2 у таких, що індексуються у наукометричній базі даних Scopus. На підставі аналізу опублікованих автором робіт, можна з упевненістю сказати, що матеріали дисертації достатньо повно висвітлені у статтях та пройшли широку апробацію.

Загальний висновок.

Проведений аналіз змісту і основних положень дисертації показує, що робота являє собою завершене дослідження, в ній отримані нові і достовірні результати, які ефективно вирішують наукову і прикладну задачу створення теоретичних моделей, що адекватно описують фазові перетворення в сталях і застосування яких дозволяє прогнозувати і призначати режими термічної обробки матеріалів. Робота за змістом і результатами відповідає спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали.

Підсумовуючи вищесказане, можна стверджувати, що дисертація за обсягом виконаних досліджень, науковою значимістю отриманих результатів та їх рівнем повністю відповідає вимогам, викладеним у «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженому Постановою Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44, заслуговує позитивної оцінки, а її автор, Белих Дмитро Геннадійович, заслуговує присудженню йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали.

Офіційний опонент,

доктор технічних наук, професор,
декан фізико-технічного факультету
Дніпровського національного
університету імені Олеся Гончара
МОН України

Анатолій САНІН

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 10:47:08 09.08.2024

Назва файлу з підписом: Відгук_Санін.pdf.asice
Розмір файлу з підписом: 6.8 МБ

Перевірені файли:
Назва файлу без підпису: Відгук_Санін.pdf
Розмір файлу без підпису: 6.8 МБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: САНІН АНАТОЛІЙ ФЕДОРОВИЧ
П.І.Б.: САНІН АНАТОЛІЙ ФЕДОРОВИЧ
Країна: Україна
РНОКПП: 2069513334
Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА
Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 10:47:06 09.08.2024
Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"
Серійний номер: 5E984D526F82F38F04000000FF2B1801D7D64C05
Алгоритм підпису: ДСТУ 4145
Тип підпису: Удосконалений
Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)
Формат підпису: З повними даними для перевірки (XAdES-B-LT)
Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2024.04.15 13:00

Голові разової
спеціалізованої вченої ради
Харківського національного
університету імені В. Н. Каразіна
члену-кореспонденту НАН України,
доктору фізико-математичних наук,
професору Валерії ТРУСОВІЙ
майдан Свободи 4, м. Харків, 61022

Відгук

офіційного опонента, кандидата технічних наук, доцента, доцента кафедри «Матеріалознавство» Навчально наукового інституту механічної інженерії і транспорту Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» ВОЛКОВА Олега Олексійовича на дисертаційну роботу Бєлих Дмитра Геннадійовича «Моделювання фазових перетворень у маловуглецевих сталях та у рідинах поблизу точки кристалізації» на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – «Природничі науки» за спеціальністю 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали»

Обґрунтування вибору теми дослідження. Автор дисертаційної роботи підкреслює, що: у сучасний період практично в усіх галузях промисловості широко застосовуються різноманітні сталеві вироби і конструкції. Один із важливих чинників, що обумовлює вибір сталі як основного матеріалу для виготовлення деталей, полягає у найкращому поєднанні технологічних властивостей, таких як міцність, зносостійкість, надійність і довговічність. Додатково, велика різноманітність сталевих сплавів і низька собівартість залізної руди надають цьому матеріалу величезну перевагу у різних сферах застосування.

З метою поліпшення механічних характеристик сталевих виробів, їх піддають процесам легування і попередньої обробки. Ці процеси проводяться за різними методами, залежно від конкретних умов експлуатації та вимог до властивостей сталі.

Термічна обробка металевих виробів є надзвичайно складним технологічним процесом, який включає нагрівання металу (сплаву) до певної температури, утримання при цій температурі впродовж визначеного часу і подальше охолодження. Цей процес спрямований на отримання необхідної мікроструктури та відповідних властивостей виробу для його подальшого використання в конкретних умовах.

Величезна різноманітність металевих сплавів робить завдання термообробки надзвичайно індивідуальним процесом. Це передбачає детальний аналіз і підбір температурних режимів, методів нагрівання і охолодження, а також часу витримки, залежно від конкретного хімічного складу матеріалу.

Параметри термообробки сталі визначаються відсотковим вмістом вуглецю в сплаві та присутністю різних легуючих елементів. Ці компоненти мають значний вплив на тугоплавкість металу, його крихкість та інші механічні характеристики.

Окрім цього, слід зазначити, що сталі з вмістом вуглецю більше 6.67 % є нестійкими і надзвичайно крихкими, тому не знаходять застосування в промисловості. Сплави з вмістом вуглецю від 2 до 6.67 % відомі як чавуни. Вони відрізняються своїми фізичними і механічними характеристиками, які значно відрізняються від властивостей сталі, і тому займають особливу нішу в промисловому виробництві.

Сталі з вмістом вуглецю менше 2% є стійкими і використовуються для виготовлення конструкційних матеріалів, які повинні витримувати високі механічні, теплові та радіаційні напруження. Тому саме аналіз фазових перетворень мало вуглецевих сталей є дуже цікавим в практичному застосуванні.

Оскільки властивості сталі безпосередньо залежать від її мікроструктури і співвідношення фаз, потрібне точне розуміння внутрішніх процесів, що відбуваються в матеріалі при його технологічному нагріві і охолодженні. Передусім слід звернути увагу на мікроструктуру сталі в рівноважному стані,

зокрема, на будову кристалічної решітки, яка значною мірою визначає механічні властивості сплаву.

Розв'язок ЗС, як прикладу фазового перетворення в кристалічних середовищах, зіштовхується з численними труднощами через складність та різноманіття аспектів фазових переходів в різних системах. По-перше, багато систем, які піддаються фазовим переходам, можуть бути неоднорідними та складними, що ускладнює процес математичного моделювання та знаходження рішення. Динамічний характер фазових переходів і можливі зміни параметрів середовища додають складності розв'язанню задачі.

Важливим викликом є також врахування взаємодії різних фаз у складних системах та розгляд явищ, таких як інтерфейсні ефекти та міжфазні переходи. Термодинамічні обмеження, які виникають у зв'язку зі змінами тиску та температури, додають додатковий рівень труднощів.

Виділення або поглиблення тепла під час фазових переходів вносить свої корективи в теплові потоки, а також може впливати на розподіл температур. Отримання експериментальних даних для валідації розрахунків стає важливою задачею, і це часто може бути викликом через складність самого процесу.

У деяких випадках система може знаходитися в різних фазах одночасно, що додає ще більше комплексності до проблеми.

У зв'язку з відсутністю адекватних моделей опису фазових перетворень в кристалічних середовищах, загальною проблемою є пошук більш ефективних методів моделювання та розв'язку таких процесів.

Вибір теми дисертації «Моделювання фазових перетворень у маловуглецевих сталях та рідинах поблизу точки кристалізації» обумовлений, в першу чергу, через великий практичний інтерес до нових матеріалів у різних галузях промисловості, а також через недосконалість існуючих теорій.

Загальна характеристика дисертаційної роботи. Дисертаційна робота виконана на кафедрі нетрадиційних енерготехнологій та екології Харківського

національного університету імені В. Н. Каразіна відповідно до плану науково-дослідних робіт навчально-наукового інституту комп'ютерної фізики та енергетики. Дисертаційна робота складається з анотації (двома мовами), вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та одного додатка (на трьох сторінках). Обсяг загального тексту дисертації складає 108 с., з них основного тексту 83 с. Робота містить 15 рисунків та 4 таблиці. Список використаних джерел містить 99 найменувань.

У вступі обґрунтовано вибір теми дослідження, визначено мету і завдання, об'єкт та предмет, методологію дослідження, розкрито наукову новизну і практичне значення отриманих результатів дисертації, зазначено особистий внесок здобувача при виконанні дисертаційного дослідження, наведено перелік наукових публікацій здобувача за темою дисертації та дані про апробацію матеріалів дисертації.

Перший розділ – це літературний аналіз, який присвячено огляду існуючих підходів для опису мартенситних перетворень і вирішення задачі Стефана. При написанні використано наукові джерела, значна частина з яких це оригінальні статті, серед яких є сучасні джерела літератури.

Другий розділ присвячений формулювання фізичної моделі фазових перетворень у кристалічних середовищах та отриманню системи рівнянь, що описує як атермічні, так і ізотермічні прямі мартенситні перетворення вуглецевих сталей, яка базується на моделі індукованих переходів квазічастинок між енергетичними рівнями, що запропонована А. Ейнштейном, а також опрацюванню аналітичної моделі, що використовується для опису ізотермічних ПМП маловуглецевих нікелевої сталі ($Fe + 7\%Cr + 2\%Ni$) і марганцевої сталі ($Fe + 0,7\% C + 6,5\% Mn$). розробці безсіткового методу розв'язання тривимірних задач нестационарної теплопровідності в анізотропних твердих тілах.

Третій розділ присвячений розгляданню завдання Стефана та новому підходу для описання руху міжфазної границі. В результаті автор наголошує,

що: «...проведене порівняння теоретичного розгляду задачі Стефана з використанням нового підходу в описі руху міжфазного кордону з експериментальними даними, вказує на справедливість запропонованого автором цієї роботи способу одержання умови Стефана. Цей висновок заснований на відповідності теоретично розрахованої відстані переміщення міжфазного кордону з експериментальним».

Висновки до дисертаційного дослідження в цілому відповідають змісту роботи.

Найважливіші наукові результати, що містяться в дисертації, та нові факти отримані дисертантом. Вирішення завдань, відповідно до поставленої у роботі мети, дозволило одержати наступні наукові результати, що мають наукову новизну: Особистий внесок дисертанта в отриманні наукових результатів та їх новизна полягає у наступному:

1. Вперше розроблено аналітичну модель прямих мартенситних перетворень, засновану на дворівневій системі А. Ейнштейна, що дає наближений до експериментальних даних результат.

2. Вперше враховано ймовірність спонтанного переходу індукованих частинок.

3. Вперше було розглянуто модель для опису фазових перетворень вуглецевих сталей, а саме нікелевих і марганцевих, що показали гарну кількісну відповідність.

4. Вперше аналітична модель опису мартенситних перетворень дає відповідність експериментальним даним для високих і низьких температур.

5. Вперше запропонована модифікована умова ЗС, що отримана з рівняння зміни концентрації фаз одновимірної двофазної ЗС методом інтегрування за тонким перехідним шаром.

6. Вперше проведене порівняння теоретичного розгляду ЗС з використанням нового підходу в описі руху міжфазної границі з експериментальними даними, вказує на справедливість запропонованого способу одержання умови ЗС.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації. Дисертаційна робота Белих Д. Г. містить достатній об'єм теоретичного матеріалу, достовірність і обґрунтованість якого базується на комплексному використанні сучасної бази методик досліджень, які передбачають застосування числових методів і підходів до розв'язання завдань, що сформульовані в роботі відповідно до мети дослідження. Серед завдань дисертаційного дослідження: розробка теорій, які адекватно описують експериментальні результати фазових перетворень в кристалічних середовищах при зміні температури та пошук теорій, які більш адекватно описують фазові перетворення в кристалічних середовищах. Обґрунтованість та достовірність наукових результатів, одержаних Белих Д.Г., при проведенні досліджень за темою дисертаційної роботи, забезпечується використанням фундаментальних підходів і методів обчислювальної і математичної фізики. Основні результати дисертаційного дослідження опубліковані в індексованих наукових журналах. Висновки дисертаційної роботи є обґрунтованими.

Апробація дисертації та публікації. Основні положення дисертаційної роботи викладено та обговорено на науковій конференції: Белих Д.Г., Скоромна С.Ф., Ткаченко В.І. Прямі мартенситні перетворення вуглецевих сталей // Вісник херсонського національного технічного університету №3 том 2, 2018 р., Херсон, 2018. С. 177-182.

Результати дисертаційної роботи опубліковано в 2 наукових працях, що опубліковані у міжнародних виданнях, які входять до наукометричних баз Scopus та Web of Science:

Bielykh D.G., Skoromnaya S.F., Tkachenko V.I. DIRECT MARTENSITIC TRANSFORMATIONS OF LOW-CARBON STEELS// Problems of Atomic Science and Technology. 2023. No. 2. P. 37-41. (Scopus, Web of Science)

Bielykh D.G., Skoromnaya S.F., Tkachenko V.I. MODIFIED STEFAN CONDITION IN STEFAN PROBLEM// Problems of Atomic Science and Technology. 2023. No. 5. P. 21-26 (Scopus, Web of Science)

Оформлення дисертації. Зміст, структура, оформлення дисертації та кількість публікацій в цілому відповідають вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44), наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації».

Наукове, теоретичне та практичне значення результатів дисертації. Моделювання мартенситних перетворень у вуглецевих сталях важливе для розуміння їх структурних та механічних властивостей. Подальше дослідження може включати у себе вдосконалені методи моделювання, використання нових матеріалів для створення більш точних моделей, або розширення діапазону умов, які можуть бути враховані в моделях.

Вивчення мартенситних перетворень має ключове значення у різних галузях, включаючи матеріалознавство та металургію, де воно сприяє розробці нових матеріалів та оптимізації процесів термічної обробки. У сферах автомобільної та авіаційної промисловості, вивчення цих перетворень важливе для створення легких, але міцних матеріалів. Також воно знаходить застосування в енергетичній галузі для виробництва матеріалів, які можуть витримувати високі температури. У мікроелектроніці вивчення мартенситних перетворень може впливати на розробку матеріалів для елементів пам'яті. Деякі біоматеріали також зазнають таких перетворень, знаходячи застосування у медичних імплантах та пристроях. У цій області існує потенціал для подальших досліджень та розвитку нових матеріалів і технологій для різних індустріальних секторів.

ЗС моделює фазовий перехід на рухомій міжфазній границі та відіграє важливу роль у різних галузях знань. Її застосування включає такі галузі знань, як матеріалознавство, металургія, геофізика, енергетика, медична діагностика, метеорологія, біологія та хімія. Математичне моделювання процесів фазових переходів допомагає розв'язувати завдання у технологічних, медичних та

природничих науках, полегшуючи розуміння, оптимізацію та прогнозування цих процесів.

Оцінка змісту дисертації та її завершеності. Дисертація Белих Д. Г. є завершеною науково-дослідною роботою, в якій вирішували завдання з розробки теорій, які адекватно описують експериментальні результати фазових перетворень в кристалічних середовищах при зміні температури та продовжували пошук теорій, які більш адекватно описують фазові перетворення в кристалічних середовищах.

Результати досліджень висвітлені у наукових публікаціях, матеріалах конференції та відображені у змісті дисертації.

Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації:

1. В структурі дисертаційної роботи відсутні пункти: «Загальна характеристика дисертаційної роботи», де надається коротке описання матеріалу, що представлено в розділах дисертаційної роботи, та «Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами», а також відсутній окремий розділ «Методологія досліджень», де детально описується методологія досліджень, що застосована в дисертаційній роботі з посиланнями на нормативні документи (за наявності) щодо методик досліджень, які використовуються.

2. Завдання дисертаційного дослідження було б доречним сформулювати більш конкретно. Передумови, в другому завданні дисертаційного дослідження, було б доцільним розташувати після суті завдання, а не навпаки, для спрощення сприйняття.

3. В розділі 1 було б доречним більш детально проаналізувати аспекти структуроутворення при протіканні мартенситного перетворення в сталях, залежно від вмісту в них вуглецю

4. Хімічний склад сталей, що представлені в розділі 2 роботи, а саме: «...маловуглецевих нікелевої сталі ($Fe + 7\%Cr + 2\%Ni$) і марганцевої сталі ($Fe + 0,7\%C + 6,5\%Mn$)» не показує, щодо першої марки сталі вміст вуглецю (можливо мається на увазі вміст близько 1 %), а в другій марці сталі вміст

вуглецю складає близько 0,7%, що відповідає вже інструментальним високовуглецевим, а не маловуглецевим сталям, як заявлено в темі дисертаційної роботи та в тексті даного розділу. Відповідно, було б доцільним надати в роботі стандартизовані маркування сталей, що досліджували. В темі (назві) роботи, можливо, був сенс не акцентувати увагу на низькому вмісті вуглецю в сталях, враховуючи зв'язок між ефективністю мартенситного перетворення та збільшенням вмісту вуглецю в сталях, або пояснити в тексті роботи специфіку мартенситного перетворення в сталях за умови низького вмісту вуглецю, що призводить до формування структури збідненого мартенситу з обмеженим рівнем твердості.

5. Низка джерел літератури на які зроблені посилання в роботі опубліковано, починаючи з 1936р, а також наявні джерела літератури, які не відповідають актуальним вимогам, щодо списку джерел літератури.

6. Окрім того, в тексті роботи наявні стилістичні та інші помилки, неточності перекладу, на кшталт: «метод скінчених елементів, міжфазний кордон...» та інші, неточності в окремих формулюваннях. Суть окремих висновків, наприклад, висновку 1 до розділу 1, є загальновідомою.

7. Можливо було б доречним більш повно представити наявні методологію та результати досліджень, щоб загальний обсяг дисертаційної роботи складав близько 130 сторінок.

Проте, зазначені зауваження не впливають на якість результатів дисертаційної роботи і обґрунтованість наведених здобувачем висновків.

Висновки. Вважаю, що за актуальністю і новизною отриманих результатів, їх обсягом, достовірністю та обґрунтованістю, науковим і практичним значенням та оформленням, дисертаційна робота «Моделювання фазових перетворень у маловуглецевих сталях та у рідинах поблизу точки кристалізації» за спеціальністю 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали» відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (постанова

Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44), наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації», а її автор, Белих Дмитра Геннадійовича, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – «Природничі науки» за спеціальністю 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали».

Офіційний опонент,
кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри «Матеріалознавство»
Навчально наукового інституту механічної
інженерії і транспорту
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»

Олег ВОЛКОВ

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 17:08:36 12.08.2024

Назва файлу з підписом: ВІДГУК_Бєлих (1).pdf.asice
Розмір файлу з підписом: 258.8 КБ

Перевірені файли:
Назва файлу без підпису: ВІДГУК_Бєлих (1).pdf
Розмір файлу без підпису: 282.2 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: ВОЛКОВ ОЛЕГ ОЛЕКСІЙОВИЧ
П.І.Б.: ВОЛКОВ ОЛЕГ ОЛЕКСІЙОВИЧ
Країна: Україна
РНОКПП: 2876910258
Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА
Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 17:08:36 12.08.2024
Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"
Серійний номер: 5E984D526F82F38F040000001A03550126EDF104
Алгоритм підпису: ДСТУ 4145
Тип підпису: Удосконалений
Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)
Формат підпису: З повними даними для перевірки (XAdES-B-LT)
Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2024.04.15 13:00