

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу Подольської Олени Анатоліївни на тему
«Закономірності впливу структурної неоднорідності та гарячої пластичної
деформації доевтектоїдної сталі на надійність залізничних осей», подану на
здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань
13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 132 «Матеріалознавство»

Актуальність теми дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Подольської Олени Анатоліївни присвячена дослідженню закономірностей формування структурної неоднорідності доевтектоїдних сталей, які застосовуються для виготовлення залізничних осей, та встановленню її впливу на механічні властивості й втомну довговічність металу.

Актуальність обраної теми визначається необхідністю забезпечення високої надійності та довговічності залізничних осей, які належать до відповідальних деталей рухомого складу та працюють в умовах багаторазового циклічного навантаження. Надійність таких виробів значною мірою залежить від структурного стану металу, який формується на різних етапах технологічного процесу виготовлення.

Особливу увагу в роботі приділено структурній неоднорідності, яка може бути сформована вже на етапі кристалізації сталі й надалі трансформуватися під час гарячої пластичної деформації та термічної обробки. Тому встановлення взаємозв'язку між умовами формування металу, його структурними характеристиками, механічними властивостями та опором втомному руйнуванню є важливим завданням сучасного матеріалознавства.

Актуальність роботи також зумовлена необхідністю не лише якісного опису структурного стану осевих сталей, а й пошуку кількісних характеристик, за допомогою яких можна оцінювати вплив структурної неоднорідності на експлуатаційні властивості металу.

Таким чином, встановлення закономірностей впливу структурної неоднорідності та гарячої пластичної деформації доевтектоїдних сталей на надійність залізничних осей є важливою науковою задачею. Її розв'язання сприятиме створенню нових функціональних матеріалів із керованими властивостями та розширенню можливостей їх використання в сучасних транспортних системах.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

Наукова новизна дисертаційної роботи визначається отриманням нових результатів щодо закономірностей формування структурної неоднорідності доевтектоїдних сталей, її зміни під впливом технологічної обробки та впливу на механічні властивості й втомну довговічність.

До найбільш суттєвих положень наукової новизни належить встановлення закономірностей впливу співвідношення Mn/Si на фазовий та структурний стан досліджуваних сталей. Отримані результати дозволяють оцінити роль цього параметра у формуванні структурних складників металу.

Важливим є також встановлення особливостей формування структурної неоднорідності залежно від умов кристалізації та хімічного складу сталі. Це дозволило комплексно розглянути походження неоднорідності як результат взаємодії декількох металургійних чинників.

Новизна роботи полягає також у встановленні закономірностей і особливостей зміни структурного стану досліджуваних сталей під впливом гарячої пластичної деформації. Отримані результати дають змогу простежити зв'язок між технологічними параметрами обробки та кінцевою структурою металу.

Окреме наукове значення має встановлення кількісного зв'язку між площею структурної неоднорідності та втомною довговічністю сталі. Запропонований підхід дозволяє використовувати кількісну характеристику структури для оцінювання її впливу на опір втомному руйнуванню.

Отже, положення наукової новизни мають внутрішній взаємозв'язок: від встановлення чинників формування структурної неоднорідності через дослідження її трансформації під час технологічної обробки до оцінювання впливу на кінцеві властивості металу.

Достовірність результатів дисертаційної роботи забезпечується використанням широкого комплексу методів дослідження та зіставленням результатів структурного аналізу з механічними характеристиками і результатами випробувань на втому довговічність. Позитивним є поєднання експериментальних досліджень із розрахунковими методами, що дозволило підвищити обґрунтованість зроблених висновків. Отримані закономірності підтверджуються результатами дослідження різних структурних станів металу та їх зіставленням із характеристиками його механічної поведінки.

Наукові дослідження були виконані здобувачкою у відділі проблем деформаційно-термічної обробки конструкційних сталей Інституту чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України в рамках НДР відомчої тематики «Дослідження особливостей формування хімічної неоднорідності в вуглецевих сталях (0,4–0,6 % мас. С) і її спадкового впливу на мікроструктуру та механічні властивості металопродукції залізничного призначення» (№ ДР 0120U101186), «Наукове обґрунтування та розробка технологічних параметрів термічної обробки залізничних коліс, які забезпечують рівномірну структуру по перерізу обода» (№ ДР 0120U101181), цільової комплексної програми наукових досліджень НАН України «Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин» «Розробка хімічного складу сталі та технологічних параметрів деформаційної та термічної обробки залізничних коліс, що забезпечують підвищення їх ресурсу в різних умовах експлуатації» (№ ДР 0120U102688, 0119U101398), «Вдосконалення технології виробництва

залізничних осей для підвищення їх надійності та довговічності» (№ ДР 0121U110392), цільової програми наукових досліджень НАН України «Науково-дослідні роботи молодих учених НАН України 2023–2024 рр.» «Дослідження впливу хімічної та структурної неоднорідності вуглецевих сталей на надійність великогабаритного металопрокату залізничного призначення» (№ ДР 0123U102990), у якій дисертантка брала участь згідно з календарними планами.

В дисертаційній роботі поставлене наукове завдання зі встановлення закономірностей формування і трансформації мікроструктури після деформації та термічної обробки вуглецевої сталі з різним вмістом і співвідношенням базових хімічних елементів з метою підвищення надійності залізничних осей. Вважаю, що наукове завдання виконано повністю, а здобувачка повною мірою оволоділа методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності

За своїм змістом дисертаційна робота здобувачки Подольської О. А. відповідає напрямкам досліджень відповідно до освітньо-наукової програми «Матеріалознавство та обробка металів».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею та свідчить про наявність особистого внеску здобувачки у науковий напрям «Спадкоємні зв'язки між хімічним і фазовим складом сплавів, структурою різних рівнів, фізико-механічними та корозійними властивостями, зносостійкістю, надійністю, довговічністю та іншими експлуатаційними характеристиками».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота «Закономірності впливу структурної неоднорідності та гарячої пластичної деформації доевтектоїдної сталі на надійність залізничних осей» є результатом самостійних досліджень здобувачки Подольської Олени Анатоліївни і не містить елементів фальсифікацій, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертація написана українською мовою. Усі частини роботи викладені коректно та повністю відображають проблематику й наукові підходи до її вирішення. Дисертаційна робота характеризується сучасним науковим стилем викладу матеріалу, логічністю, послідовністю та структурованістю, з обґрунтуваннями до кожного етапу дослідження.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків. Роботу викладено на 181 сторінці, вона містить 85 рисунків та 29 таблиць, 4 додатки на 18 сторінках.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційного дослідження, відзначено зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами, сформульовано мету, визначено об'єкт і предмет дослідження, наведено використані методи, сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, а також наведено інформацію щодо апробації результатів та публікацій із визначенням особистого внеску здобувачки.

У першому розділі проведено аналіз сучасного стану проблеми виробництва та експлуатації залізничних осей. Розглянуто особливості матеріалів, які використовуються для їх виготовлення, вимоги до осевих сталей та фактори, що можуть впливати на їх структурний стан і експлуатаційні характеристики. Особливу увагу приділено питанням формування структурної неоднорідності та її можливого впливу на механічні властивості й опір втомному руйнуванню. Проведений аналіз літературних джерел дозволив авторці визначити недостатньо досліджені аспекти проблеми та сформулювати завдання власного дослідження. За результатами аналізу обґрунтовано необхідність комплексного дослідження впливу хімічного складу, умов кристалізації та подальшої технологічної обробки на структурний стан доевтектоїдних сталей, призначених для виготовлення залізничних осей.

У другому розділі наведено характеристики досліджуваних матеріалів та методів проведення досліджень. Для вирішення поставлених завдань авторкою застосовано комплекс експериментальних і розрахункових методів, які дозволяють досліджувати структурний стан металу, його фазовий склад, механічні характеристики та особливості процесу руйнування. Застосування комплексу металографічних і механічних методів дослідження, а також випробувань на втомну довговічність дозволило простежити взаємозв'язок між структурним станом та властивостями досліджуваних сталей.

Третій розділ присвячено дослідженню закономірностей формування структурної неоднорідності доевтектоїдних осевих сталей залежно від їх хімічного складу та умов кристалізації. Досліджено вплив основних елементів хімічного складу на фазовий і структурний стан сталі. Особливу увагу приділено співвідношенню Mn/Si та його зв'язку з формуванням структурних складників. Експериментальні дослідження доповнено результатами термодинамічного моделювання, що дозволило проаналізувати процеси фазоутворення та зіставити розрахункові результати з експериментальними спостереженнями. У розділі також досліджено особливості литої структури сталі та характер її структурної неоднорідності. Отримані результати створюють основу для подальшого аналізу еволюції структури металу під час технологічної обробки.

У четвертому розділі досліджено вплив гарячої пластичної деформації та подальших операцій оброблення на структурний стан осевої сталі та її

механічні властивості. Авторкою проаналізовано еволюцію мікроструктури металу внаслідок технологічних впливів та досліджено особливості розподілу структурних складників за перерізом осевих заготовок. Важливим результатом цього розділу є встановлення зв'язку між зміною структурного стану металу після різних технологічних операцій та його механічними характеристиками. Результати, отримані в цьому розділі, мають значення для розуміння того, якою мірою початкова структурна неоднорідність сталі може змінюватися під час подальшого оброблення в умовах металургійного виробництва.

П'ятий розділ присвячено дослідженню впливу структурного стану сталі на її опір втомному руйнуванню. Проведено випробування на втомну довговічність і проаналізовано характер руйнування досліджуваного металу. Отримані результати зіставлено зі структурними характеристиками відповідних ділянок металовиробів. Важливим результатом є встановлення кількісного взаємозв'язку між площею структурної неоднорідності та кількістю циклів до руйнування. Це дозволило перейти від загального твердження про негативний вплив структурної неоднорідності до її кількісного оцінювання. Таким чином, результати цього розділу логічно доповнюють дослідження попередніх розділів та дозволяють науково обґрунтовано пов'язати особливості формування структури сталі з її важливою експлуатаційною характеристикою – опором втомному руйнуванню.

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Наукові результати дисертації висвітлені у 27 наукових публікаціях здобувачки, серед яких: 4 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у міжнародних базах даних Scopus та/або Web of Science Core Collection (квартиль Q3 відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank); 12 статей у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 1 методичний посібник; отримано 1 свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір, що безпосередньо стосуються наукових результатів дисертації.

Результати дисертації були апробовані на 9 наукових фахових конференціях з публікацією тез доповідей.

Рівень наукових публікацій свідчить про належну якість проведених досліджень, їхню актуальність та відповідність сучасним тенденціям розвитку металознавства та термічної обробки сталей. Зміст опублікованих праць відображає основні наукові результати дисертації та дозволяє вважати їх достатньою мірою апробованими серед наукової спільноти.

Особистий внесок здобувачки в наукових роботах, опублікованих у співавторстві, полягає в наступному: постановка проблеми, мети і завдання досліджень; пояснення зв'язку хімічний склад – структура – механічні властивості; проведення механічних випробувань; проведення металографічних досліджень; підготовка даних для математичного

моделювання і обробка отриманих даних; аналіз та узагальнення літературних даних.

Таким чином, наукові результати, описані в дисертаційній роботі, достатньо висвітлені у наукових публікаціях здобувачки.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

Дисертаційна робота виконана на високому науковому рівні, проте варто звернути увагу на наступні зауваження:

1. У пункті 2 наукової новизни вказано, що встановлено зв'язок між параметром Mn/Si та фазовим складом сталі. Але фазовий склад залізовуглецевих сплавів також залежить від температурно-швидкісних параметрів охолодження металу з високотемпературного стану. Чи враховувався потенційний вплив термічного циклу обробки під час аналізу ролі співвідношення вмісту Mn і Si у мікроструктурній еволюції досліджуваних сталей?

2. У пункті 4 наукової новизни й у підрозділі 5.4 роботи наведена математична залежність кількості циклів до руйнування (N , од.) від площі ділянок на мікрошліфі зі структурною неоднорідністю (S , %). Додатково слід було б навести допустимі інтервали параметру S у рівнянні, за яких модель показує адекватні результати розрахунку, оскільки при значеннях цього показника $> \sim 48\%$ кількість циклів до руйнування стає від'ємною величиною.

3. До пункту 4 наукової новизни: які критерії слід використовувати під час оцінювання площі ділянок на мікрошліфі зі структурною неоднорідністю в частині принципу ідентифікації такої неоднорідності серед основної мікроструктури металу?

4. У тексті дисертації неодноразово вживається невдале слово «легуючі». Граматично правильним і нормативним варіантом за сучасними вимогами українського правопису є слово «легувальні».

5. Під час оформлення тексту дисертації бажаним було б використовувати вимоги ДСТУ 3008:2015 «Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання» в частині питань, які не врегульовані Наказом МОН України № 40 від 12.01.2017.

6. У тексті дисертації присутні повтори та граматичні помилки, проте вони суттєво не впливають на доступність і розуміння пояснень та формулювань суті отриманих результатів досліджень.

Зазначені зауваження мають переважно характер побажань щодо уточнення окремих положень, методичних аспектів та редакційного доопрацювання тексту і не знижують загальної наукової та практичної цінності дисертаційної роботи.

Висновок рецензента

Вважаю, що дисертаційна робота здобувачки ступеня доктора філософії Подольської Олени Анатоліївни на тему «Закономірності впливу структурної

неоднорідності та гарячої пластичної деформації доевтектоїдної сталі на надійність залізничних осей» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 13 «Механічна інженерія». Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені у п. 6–9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 (зі змінами).

Здобувачка Подольська Олена Анатоліївна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 132 «Матеріалознавство».

Рецензент:

Старший науковий співробітник
відділу термічної обробки металу
для машинобудування
Інституту чорної металургії
ім. З. І. Некрасова НАН України,
кандидат технічних наук,
старший дослідник



Ігор ЧУЙКО

« 8 » вересня 2026 р.

Підпис к.т.н., ст. досл. Чуйка І. М. засвідчую:

Т.в.о. ученого секретаря
Інституту чорної металургії
ім. З. І. Некрасова НАН України,
кандидат технічних наук



Лариса ГАРМАШ