

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Кулика Володимира Володимировича

“Розроблення концепції створення високоміцних колісних сталей”, що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю

05.02.01 – матеріалознавство

Актуальність теми дисертації

Необхідність розроблення високоміцних колісних сталей підвищеної надійності є актуальною проблемою сучасного матеріалознавства та механічної інженерії. Особливо це важливо для рухомого складу залізничного транспорту та українських підприємств, що спеціалізуються по виробництву та ремонту колісних пар. Робота побудована на результатах експертної оцінки виходу з ладу колісних пар, аналізі поверхневих дефектів, що найчастіше виникають під час експлуатації та досліджень автора щодо вдосконалення хімічного складу та мікроструктури колісних сталей. В результаті автор запропонував концептуальний підхід їх створення. Слід зазначити, на сьогодні така робота є безперечно актуальною як з теоретичної, так і з практичної точки зору.

Загальна характеристика роботи

Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, висновків, додатків та списку використаних джерел із 465 найменувань. Робота має обсяг 387 сторінок, містить 158 рисунків та 33 таблиці.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, вказано її зв'язок із науковими програмами, сформульовано мету та завдання дослідження, подано наукову новизну та практичну цінність, наведено відомості про апробацію, впровадження та публікацію основних результатів дисертаційного дослідження.

У першому розділі проаналізовано сучасні вітчизняні та зарубіжні праці в досліджуваній галузі, наведена світова класифікація колісних сталей, проаналізовані актуальні питання й тенденції використання нових технологій, що покращують експлуатаційну надійність низьколегованих конструкційних сталей. На основі аналітичного огляду, автор запропонував шляхи вирішення поставлених у роботі задач. Слід зазначити, що основна частка проаналізованих праць та методичних підходів опублікована в останні роки.

У другому розділі подано докладну характеристику досліджуваних матеріалів, наведено основні методи визначення структурних та механічних характеристик досліджуваних сталей зокрема короткочасної міцності та характеристик циклічної тріщиності та нормального відриву. Цінність проведених випробувань полягає в тому, що дослідження проведено на зразках з коліс, виготовлених за технологією ПАТ «Інтерпайп». Для вивчення впливу

гальмування колісної пари на характер пошкоджень робочої поверхні був спеціально виготовлений стенд з контролем навантаження тензометричною балкою. Слід відмітити інформативність проведеного автором мікроструктурного, електронно-мікроскопічного та фрактографічного аналізу. Це дозволило коректно аналізувати результати механічних випробувань. Крім того, з огляду на умови експлуатації колісних пар автором оцінено корозійні властивості досліджуваних матеріалів.

Третій розділ присвячено аналізу дефектів поверхні кочення суцільнокатаних коліс за 9 місяців 2009 року по мережі доріг Укрзалізниці. Встановлено основні типи цих дефектів – повзуни та вищирбины. Оцінено схильність сталей до формування повзунів на підставі температурної залежності механічних характеристик досліджуваних сталей марки 2, марки Т та описані особливості їх розташування, охарактеризована форма і глибина залягання від поверхні. Показано, що саме такі дефекти супроводжують явище контактної втоми коліс за одночасного впливу підвищення температури під час гальмування та дії зовнішнього агресивного середовища. Тому логічним є, також, наведені автором результати корозійних випробувань у модельному середовищі, за результатами яких по швидкості утворення захисної оксидної плівки, автор здійснив ранжування колісних сталей. Результати проведеного мікрофрактографічного аналізу дозволи автору встановити особливості механізму росту втомної тріщини.

На основі проведених досліджень автор запропонував концептуальний підхід до створення сталей для виготовлення високоміцних коліс та методологію оцінки їх працездатності. Ця концепція базується на відомих діаграмах конструкційної міцності та запропонованих автором діаграмах експлуатаційної надійності досліджуваних сталей, які одночасно ілюструють оптимальне співвідношення характеристик міцності і тріщиностійкості, а також опору зношуванню і пошкоджуваності поверхні кочення.

У четвертому розділі пропонуються конкретні шляхи підвищення працездатності високоміцних колісних сталей. Зокрема, розглянута можливість використання литих графітізованих сталей різного хімічного складу та відповідно із різною мікроструктурою. Показано, що незважаючи на низьку пластичність за підвищених температур під час гальмування, відсутність окрихчення за низьких температур та стійкість до дії корозійних середовищ, за характеристиками тріщиностійкості та опірністю до утворення поверхневих дефектів графітізовані сталі не слід рекомендувати для виготовлення колісних пар. Далі наведені результати дослідження працездатності колісних сталей з твердорозчинним зміцненням за рахунок підвищеного вмісту кремнію та

марганцю. Зокрема показано, що сталі марок К1 та К2 можна рекомендувати в якості колісних, але для підвищення опору їх пошкоджуваності за умов експлуатації кількість вуглецю в них рекомендовано зменшити до 0,52 – 0,53%. Третя група сталей, які автор досліджував у роботі в якості перспективного матеріалу – це сталі із зниженим вмістом вуглецю (марки Н2, Н4, Н5) порівняно із стандартною сталью марки Н1. Для забезпечення дисперсійного нітридного зміщення їх додатково легували ванадієм та азотом із фіксованою сумарною кількістю цих елементів. Ці сталі піддавали термічні обробці, що полягає у нормалізації та наступного відпуску за температур 450 - 460 °C. Результати досліджень дозволили встановити, що параметр контактно-втомної пошкоджуваності для сталі марки Н4 добре узгоджується із параметром конструкційної міцності, що забезпечує їй найкращі експлуатаційні властивості. Логічно, що далі у четвертому розділі автор приводить результати перспективних досліджень сталей при поєднанні твердорозчинного і нітридного зміщення (плавки Ф1 та Ф2). При цьому аналіз діаграм експлуатаційної надійності досліджених колісних сталей з твердорозчинним та одночасно з твердорозчинним та нітридним зміщенням показав, що можна рекомендувати для апробації сталь з підвищеним вмістом кремнію та марганцю, мікролеговану ванадієм та азотом.

П'ятий розділ висвітлює результати, присвячені відновленню і підвищенню довговічності колісних пар після тривалої експлуатації. Розглянуто традиційні технології: обточування дефектів поверхні кочення з наступним відновленням електродуговим наплавленням. Але при цьому в зоні термічного впливу виникає небезпека окрихчення. Тому автор пропонує виконувати спеціальну термічну обробку за різними режимами в інтервалі температур початку і кінця мартенситного перетворення. Графічно наведені схеми таких режимів обробки і встановлені оптимальні варіанти, що позитивно впливають на циклічну тріщиностійкість колісної сталі. Докладно вивчено мікromеханізм зміни структури та обґрунтовано схему рекомендованої термічної обробки.

Висновки належним чином відображають основні результати дисертаційної роботи.

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

Достовірність наукових положень, висока точність отриманих експериментальних результатів, важливі рекомендації та висновки дисертаційної роботи забезпечено використанням сучасного обладнання

науково-дослідних лабораторій провідних наукових установ у цій галузі. Інтерпретація результатів дослідження узгоджується з існуючими теоретичними розробками в галузі матеріалознавства.

Наукова новизна отриманих у роботі результатів

Основним науковим здобутком роботи можна вважати розроблені автором концептуальні засади створення високоміцних колісних сталей нового покоління. Дисертантом одержано важливі дані про характер утворення дефектів на поверхнях кочення колісних пар та проаналізовано вплив різних чинників на кінетику цього небезпечного явища. Вперше показано, що пошкоджуваність коліс зростає з підвищеннем вмісту вуглецю в сталі, що корелює з циклічною в'язкістю руйнування за нормальноговідриву та поперечного зсуву. Саме ці параметри автор пропонує вважати визначальними під час встановлення проблеми пошкоджуваності. Заслуговує на увагу також результати досліджень, що стосуються запропонованих конкретних шляхів підвищення працездатності високоміцних колісних сталей.

Практичне значення отриманих результатів

Для проведення модельних випробувань було розроблено та виготовлено випробувальний стенд, який дозволяє достовірно прогнозувати працездатність колісних пар. На основі експериментальних результатів створено нормативний відомчий документ для технічних умов з виготовлення високоміцних залізничних коліс з нових матеріалів. Результати експериментальних досліджень дозволили автору запропонувати комплекснолеговану сталь, в якій одночасно відбувається твердорозчинне та дисперсійне зміцнення. Запропоновані автором рекомендації включені до технічного регламенту з ремонту залізничних коліс, що розроблені в ІЕЗ НАН України.

Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях

Основні результати та висновки дисертаційної роботи в повному обсязі висвітлено у 47 друкованих працях, з них: 29 статей у фахових наукових виданнях України та інших держав, зокрема 16 статей індексовані наукометричними базами даних Scopus та Web of Science; патент України на винахід; патент України на корисну модель; 16 праць у матеріалах і тезах доповідей на міжнародних та вітчизняних конференціях.

Автореферат дисертації повністю відповідає основним положенням дисертації. Матеріал у роботі викладено логічно, розділи взаємопов'язані і повністю розкривають поставлену в роботі мету.

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

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

Зауваження до дисертації та автореферату

1. Об'єкт дослідження – це процес або явище, що породжує проблемну ситуацію й обране для дослідження. Предмет дослідження міститься в межах об'єкта. У автора це написано навпаки.
2. На мою думку складна рубрікація третього розділу ускладнює розуміння та аналіз наведених у ній результатів.
3. окремі результати, наведені у розділі № 3, зокрема які стосуються визначення характеру розподілу дефектів на поверхні кочення коліс, однозначно потребують статистичної обробки. Однак про це по тексту викладення та представлених ілюстраціях (рис. 3.22, 3.23, 3.34, 3.40) нічого не вказано. Натомість у висновку № 1 розділу № 3 автор говорить про це.
4. Вважаю, що у розділі № 4, де автор аналізує вплив комплексного легування на мікроструктуру нових колісних сталей та докладно розглядає процес твердорозчинного та дисперсійного нітридного (або карбонітридного) зміцнення на підвищення працездатності цих сталей не достатньо добре проаналізована мікроструктура. Не наведено жодного свідчення про присутність конкретних зміцнювальних фаз. Адже саме ідентифікація цих фаз, встановлення характеру їх розташування (або по тілу, або границям зерен), визначення їх розмірів та форми дозволило би передбачити місця утворення дефектів та осередків руйнування, оптимізувати технологічні режими як під час виплавки сталі, так і під час виготовлення колісних пар.
5. Не зрозуміло (стр. 60) чому значні перехолодження (розплаву чи твердого металу?) зумовлюють збільшення часток карбідної фази, а не сприяють підвищенню легованості твердого розчину?
6. Викликають заперечення деякі невдалі термінологічні вирази, наприклад, «грубодисперсна структура» (стр. 59), «докритичний відпал сталей» (стр. 61), «рідким є руйнування» (стр. 67) тощо.
7. Вважаю зайвим в розділі 2 наводити рисунки типових зразків стандартних методик випробування металів на розтяг і ударну в'язкість, оговорених ГОСТами.
8. Вважаю, що при побудові графіків, наведених на рис. 4.26 - 4.29 не вдало підібраний масштаб, що не тільки утруднює, але і спотворює аналіз

зміни механічних властивостей. До речі цей недолік присутній і далі за розділом, де наводяться аналогічні залежності.

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

Оцінка змісту дисертації, її завершеність у цілому

Вважаю, що за актуальністю, науковою новизною, обсягом проведених експериментальних досліджень, їхньою науковою та практичною значимістю, дисертаційна робота **Кулика Володимира Володимировича** "Розроблення концепції створення високоміцних колісних сталей", відповідає вимогам п.п. 9, 11, 12 та 13 "Порядку присудження наукових ступенів", а її автор заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук зі **спеціальністю 05.02.01 – матеріалознавство**.

Офіційний опонент, завідувач відділу металознавства і фазово-структурних перетворень сталей та сплавів

Фізико-технологічного інституту металів та сплавів НАН України, доктор технічних наук, професор


С.Є. Кондратюк

Підпис С.Є. Кондратюка засвідчує:

Учений секретар ФТІМС НАН України
кандидат технічних наук



В.Л. Лахненко

У першому розділі дисертації подано даний зразок дослідження в динамічній обстановці, який показує можливість широкого застосування експериментальної методики використання нових технологій, що покращують експлуатаційну надійність литьково-гравіруваних конструкційних сталей. На основі аналітичного обговорювання автор запропонував кілька вирішувальних поставленнях у роботі зразок. Ось зокрема, що основна частина пропонованых праць та методичних підходів опублікована в останні роки.

У другому розділі подано досліджену характеристику дослідженіх матеріалів, перевірено основні методи вимірювання структурних та механічних характеристик досліджуваних сталей, зокрема короткочасної міцності та характеристики циклическої тривалості життя за нормального відриву. Цінність проведених випробувань полягає в тому, що дослідження проведено на зразках, що були виготовлені за технологією НАТ «Інтерпайп». Для вивчення впливу