

Відгук

офіційного опонента на дисертаційну роботу Кулика Володимира Володимировича «Розроблення концепції створення високоміцних колісних сталей», представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 05.02.01–матеріалознавство.

Актуальність теми дисертації

За сучасних умов інтенсивного розвитку промисловості, безпека залізничних перевезень становить одну з актуальних проблем, на вирішення якої спрямовані чисельні розробки пропозицій по підвищенню стійкості металу проти формування ушкоджень елементів рухомого складу при експлуатації. Залізничне колесо в процесі взаємодії з рейкою піддається дуже складним навантаженням, сумарний ефект від яких достатньо часто має непередбачуваний характер. Складовою вирішення вказаної проблеми є роботи по підвищенню опору металу колеса проти зношування по поверхні кочення. Разом з цим, як свідчить досвід, вирішення такого рівня проблеми в дійсності складається з низки конкретних питань, що обмежують коло технічних та технологічних пропозицій. За одним із напрямків підвищення зносостійкості металу залізничного колеса проти спрацювання існували пропозиції по використанню сталей з високими рівнями твердості та міцності за умов статичних і циклічних навантажень. Більшістю закордонних виробників залізничних коліс прийнята концепція, в залежності від конструкції і умов їх експлуатації пропонується використовувати сталі з вмістом вуглецю від 0,48% до евтектоїдного складу. Проте, досвід експлуатації в умовах Укрзалізниці залізничних коліс зі сталі з перебільшеним вмістом вуглецю (вище максимального обмеження за ДСТУ 10791) свідчить, що разом з підвищенням опору зносу суттєво зросла кількість випадків виникнення ушкоджень поверхні кочення типу «повзун» і «вищербина». В наслідок цього, пропорційно збільшенню числа обточувань при відновленні профілю кочення ободу скоротився загальний термін

експлуатації колеса від швидкого зменшення товщини ободу до мінімально припустимого розміру. На підставі цього, розробку пропозицій стосовно підвищення надійності і довговічності залізничних коліс не можливо вирішити без розробки науково-обґрунтованих критеріїв. Такі критерії повинні враховувати умови експлуатації залізничних коліс та у визначеній мірі передбачати можливий розвиток процесів внутрішньої перебудови в металі. Як приклад необхідності розробки вказаних критеріїв – це відсутність на сьогодні однозначного зв'язку між хімічним, структурно-фазовим складом та ресурсними характеристиками сталей високоміцних залізничних коліс.

На підставі цього, дисертаційну роботу Кулика В.В., що спрямована на розробку пропозицій по виготовленню сталей залізничних коліс з високою зносостійкістю та опором утворенню ушкоджень поверхні кочення різної природи походження, слід вважати актуальною завдяки вирішуванню важливої науково-технічної проблеми. Додатковим підтвердженням актуальності дисертації є її зв'язок з тематичними планами фундаментальних і прикладних досліджень Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України і Національного університету «Львівська політехніка» протягом 2007-2019р.р., в яких автор був керівником та відповідальним виконавцем.

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

Наукові добути, що отримані в дисертації, ґрунтуються на аналізі достатньо великої кількості літературних джерел, використанні сучасних методів і методик дослідження процесів структурних перетворень в металі залізничних коліс і модельних зразках. Це дозволило автору на основі узагальнення результатів досліджень стосовно сучасного стану виробництва залізничних коліс розробити пропозиції по удосконаленню технології виготовлення та визначити основні джерела ушкодження залізничних коліс

при експлуатації. На основі поєднання наукових добутків при використанні відомих методик дослідження механічної поведінки металевих матеріалів, їх прилаштування до реальних умов навантаження металу при експлуатації залізничних коліс дозволило автору розробити оригінальні методики оцінювання механічної поведінки вуглецевих сталей з різним структурним станом. Отримані результати досліджень стосовно використання сталей з твердорозчинним зміцненням (для виготовлення залізничних коліс) концептуально співпадають з раніше розробленими пропозиціями та досвідом їх використання, зокрема в Інституті чорної металургії ім.З.І.Некрасова НАН України. Рекомендації стосовно сталей з дисперсійним зміцненням узгоджуються з результатами досліджень, що отримані у Фізико-технологічному інституті металів та сплавів НАН України. Проведена в умовах Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України перевірка пропозицій стосовно технології наплавлення зношеного шару елементів залізничних коліс отримала позитивну оцінку. Всі ці положення свідчать про високу ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій дисертації.

Достовірність отриманих у роботі результатів

Достовірність наукових положень дисертації не викликає сумніву, оскільки підтверджена результатами великого обсягу міждисциплінарних досліджень та обговорена науковою спільнотою під час доповідей результатів роботи на чисельних вітчизняних і міжнародних конференціях, технічних та технологічних нарадах науково - промислових установ. Отримані в роботі експериментальні дані не суперечать основним положенням теорії фазових перетворень та розвитку процесів структурних перетворень при термічній обробці вуглецевих сталей, у тому числі при наплавленні.

Наукова новизна роботи

1. Вперше регламентовано комплекс додаткових механічних характеристик колісних сталей, які визначають роботоздатність високошвидкісних залізничних коліс з урахуванням впливу експлуатаційних чинників. Запропонована діаграма експлуатаційної надійності колісних сталей захищена патентом України.

2. Вперше констатовано, що схильність до утворення повзунів на поверхні кочення коліс підвищується з ростом високотемпературної (вище 500°C) пластичності (відносного видовження) сталей. Показано, що підвищений опір формуванню повзунів спричиняє твердорозчинне (кремнієм і марганцем) та дисперсійне (ванадієм і азотом) зміцнення колісних сталей.

3. Вперше показано, що за контактної втоми пари колесо-рейка пошкоджуваність поверхні кочення модельних коліс зростає з підвищенням міцності (твердості), що зумовлено високим вмістом вуглецю в колісній сталі. При цьому пошкодженість однозначно корелює з циклічною в'язкістю руйнування колісної сталі за нормального відриву ($\Delta K_{I_{fc}}$) та поперечного зсуву ($\Delta K_{II_{fc}}$).

4. Запропоновано нову концепцію створення сталей для високошвидкісних залізничних коліс для одночасного забезпечення високого опору зношуванню і пошкоджуваності їх поверхні кочення.

5. Вперше отримано дані про зв'язок між хімічним складом і структурно-фазовим станом та ресурсними характеристиками колісних сталей з комплексним зміцненням – твердо розчинним і дисперсійним, на підставі чого рекомендовано технологічні параметри отримання нової високошвидкісної колісної сталі.

Практична цінність отриманих результатів

На основі отриманих результатів досліджень сформульовано відомчий нормативний документ «Додаткові вимоги до сталей суцільнокатаних високошвидкісних залізничних коліс». Запропоновано врахувати розроблені нормативи при створенні тимчасових Технічних умов на промислово –

дослідницьку партію залізничних коліс нового покоління.

Показано, що виробництво ефективних високоміцних колісних сталей повинно передбачати зниження їх вмісту вуглецю та розроблення при цьому альтернативних шляхів підвищення їх міцності і твердості для компенсації втрат, зумовлених цим зменшенням вмісту вуглецю.

Рекомендовано комплексно-леговану сталь з твердорозчинним ($\sim 1\% \text{ Si}$ і $\sim 1\% \text{ Mn}$) та дисперсійним ($[\text{V} \cdot \text{N}] \cdot 10^4 = 20 \dots 25\%$) зміцненням за пониженого вмісту вуглецю ($0,52 \dots 0,53\%$) для дослідно-промислової перевірки з метою виготовлення залізничних коліс нового покоління.

Загальна характеристика дисертації та автореферату

За структурою, об'ємом і стилем викладення дисертаційна робота В.В. Кулика та її автореферат розкривають суть вирішення науково-технічної проблеми, відповідають меті роботи та поставленим завданням. Робота оформлена відповідно до вимог щодо докторських дисертацій, автореферат повною мірою відображає зміст дисертації. Тема і зміст дисертації відповідають спеціальності 05.02.01 – матеріалознавство. Основні результати дисертації достатньо повно висвітлено у 47 публікаціях, з яких 29 статей відносяться до фахових видань, з них 16 – у виданнях з індексацією баз даних Scopus та Web of Science, та 2 патентах України на винахід.

Зауваження щодо змісту дисертації та її оформлення

1. Є невдалі речення. На с.3 «...перлітна структура трансформується в мартенситну...», але таке перетворення не може бути реалізоване.

2. с. 40. В табл.1.1 відсутність концентрації азоту ускладнює оцінку обґрунтування запропонованого обмеження на с.93 $[\text{V} \cdot \text{N}] \cdot 10^4 = 22\%$.

3. с. 106. Напруження в зоні контакту (750 МПа) значно перебільшує межу плинності (550-600 МПа) і складає 80% від межі міцності (табл.1.2). При аналізі процесів втоми така висока ступінь циклічного перевантаження за цикл повинна привести до досягнення умов статичного руйнування.

4. с. 125, остан. абзац.: товщина пластин цементиту в перліті...1 – 1,2 мкм? Розмір дуже великий. За чисельними даними, наприклад, Embury, Fisher,.. ActaMet. v14, 1966, p.147-159, для грубопластинкового перліту лише товщина феритного прошарку складає порядку 0,1 мкм.

5. с. 152. За рис.3.29 дуже складно визначити морфологію структурних складових. Разом з цим відомо, що після гартування (формування структур за зсувним або проміжним механізмами) при послідовному відпуску не залежно від температури нагріву, формуються виключно глобулярні частинки карбідної фази. Додаткове підтвердження: під час витримок при субкритичних температурах (до 727°C) в перлітних колоніях відбувається розвиток сфероїдизації пластин цементиту, а не формування пластинчастих угруповань за участю цементиту.

6. с. 158. Відсутність збільшення структури (рис. 3.33) ускладнює розуміння тексту до рис. 3.33.

7. с. 256. В розділі 4 відсутні відомості стосовно розробки параметру $[\sigma_s \cdot \Delta K_{th} \cdot \Delta K_{fc}]$, а висновок (пункт 5) по цьому параметру є. Пропонується оптимальний вміст V та N за співвідношенням $[V \cdot N] \cdot 10^4 = 28,9\%$ (п.6), а раніше на с. 93 це дорівнювало 22%. Тоді, на скільки може коливатися значення цього параметру?

8. с. 286. За текстом не відомо, яку поверхню або елемент колеса відновлювали наплавленням (гребінь, поверхню кочення). Чим обумовлений вибір дроту марки Св 08ХМ для наплавлення? В ньому за хімічним складом вуглецю 0,08% (в сталі колеса в середньому в межах марки 0,6%С), Cr 0,9 – 1,2%, Мо 0,5 – 0,7%. За ДСТУ 10791 для сталі залізничних коліс існує спеціальне обмеження на концентрацію Cr і Мо. У вказаному дроті по Cr перебільшення в 4 рази, а для Мо до 10 разів максимально припустимої їх концентрації в металі колеса.

9. с. 291. Робиться висновок щодо запропонованої схеми охолодження: ізотермічна витримка при температурі 100°C вище за Ms, тривалістю 2 год., (останній рядок с.289) з посиланням на рис.5.23б. Повинен мабуть бути

рис.5.22б, але і за ним ізотермічна витримка пропонується при температурі нижчої за M_s !

Висновок щодо відповідності дисертації поставленим вимогам

Дисертація В.В. Кулика «Розроблення концепції створення високоміцних колісних сталей» – це завершена наукова робота, яка вирішує важливу науково-технічну проблему. Автором розроблені науково обґрунтовані пропозиції щодо нової концепції створення високоміцних сталей для залізничних коліс за сучасних вимог експлуатації.

За актуальністю, науковою новизною, обґрунтованістю наукових положень і висновків, достовірністю і практичною значимістю отриманих результатів та повнотою їх висвітлення у публікаціях, представлена робота відповідає вимогам п.п. 9, 11, 12 та 13 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою КМУ №567 від 24.07.2013 р. з відповідними наступними змінами, а її автор В.В. Кулик заслуговує присвоєння наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 05.02.01 – матеріалознавство.

Офіційний опонент,
професор кафедри «Прикладна
механіка та матеріалознавство»
Дніпровського національного
університету залізничного транспорту
ім. акад. В. Лазаряна МОН України,
доктор технічних наук, професор

Підпис І.О. Вакуленка затверджую

