

УДК 691.735:621.893

О. І. Бабаченко¹, д.т.н., с.н.с., директор, ORCID 0000-0002-2869-3478**Г. А. Кононенко**¹, д.т.н., ст. дослідник, ORCID 0000-0001-7446-4105**Є. М. Рибалка**¹, керівник відділу стандартизації**Р. В. Подольський**¹, Ph. D. (Tech.), н.с., ORCID 0000-0002-0288-0641**О. А. Сафронова**¹, м.н.с., аспірант, ORCID 0000-0002-4032-4275**О. Л. Сафронів**¹, м.н.с.¹ *Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України*

РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДЛЯ НОВОГО НАЦІОНАЛЬНОГО СТАНДАРТУ НА ЗАЛІЗНИЧНІ КОЛЕСА

Анотація. У теперішній час в Україні є чинним ДСТУ ГОСТ 10791:2016, що нормує технічні вимоги щодо суцільнокатаних залізничних коліс. З 1 січня 2024 року як національний методом підтвердження буде чинним ДСТУ EN 13262:2022 (EN 13262:2020, IDT) «Залізниця. Колісні пари та візки. Колеса. Вимоги до продукції» (Railway applications. Wheelsets and bogies. Wheels. Product requirement). Разом з тим, основний національний споживач вагонних коліс має інфраструктуру, яка протягом багатьох десятиріч будувалася та експлуатувалася з урахуванням профілю та показників якості залізничних коліс, виготовлених відповідно до ДСТУ ГОСТ 10791 «Колеса суцільнокатані. Технічні вимоги» (ГОСТ 10791, IDT). На сьогодні основний вітчизняний споживач технічно не готовий перейти на застосування коліс відповідно до європейських нормативних документів, але при цьому вимоги ДСТУ ГОСТ 10791 є морально і технічно застарілими і не відповідають сучасному рівню складності умов експлуатації та значно підвищеному фактичному рівню якості залізничних коліс. Мета дослідження – розроблення рекомендацій щодо основних технічних вимог нового національного стандарту до залізничних коліс вагонних, які відповідають сучасному етапу розвитку техніки та технологій за результатами співставного аналізу вимог ДСТУ ГОСТ 10791:2016, міжнародного стандарту ГОСТ 10791-2011 та європейського стандарту EN 13262:2020 щодо основних показників якості залізничних коліс: механічні властивості, хімічний склад, забрудненість неметалевими включеннями та структурний стан сталей для залізничних коліс. Відповідно ДСТУ 1.2:2015 «Національна стандартизація. Правила проведення робіт з національної стандартизації», який регламентує порядок розроблення, узгодження, затвердження, розповсюдження, перевірки, перегляду, зміни та скасування стандартів, було розроблено першу редакцію проекту нового національного стандарту ДСТУ «КОЛЕСА ДЛЯ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ. Технічні умови» на заміну ДСТУ ГОСТ 10791:2016 «Колеса цельнокатаные. Технические условия».

Ключові слова: залізничні колеса, національний стандарт, хімічний склад, механічні властивості.

Посилання для цитування: Розробка рекомендацій щодо технічних вимог для нового національного стандарту на залізничні колеса / О. І. Бабаченко, Г. А. Кононенко, Є. М. Рибалка, Р. В. Подольський, О. А. Сафронова, О. Л. Сафронов // *Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії*. 2023. Вип. 37. С. 374-388. <https://doi.org/10.52150/2522-9117-2023-37-374-388>

Стан питання. Метою стандартизації в Україні є забезпечення безпеки для життя та здоров'я людини, тварин, рослин, а також майна та охорони довкілля, створення умов для раціонального використання всіх видів національних ресурсів та відповідності об'єктів стандартизації своєму призначенню, сприяння усуненню технічних бар'єрів у торгівлі.

Мета національної стандартизації – це встановлення положень, що забезпечують відповідність об'єкта стандартизації своєму призначенню та безпечність його для життя, здоров'я, майна людей, збереження тварин і рослин, охорону природного довкілля, що створює умови для раціонального використання всіх видів національних ресурсів, і сприяє усуненню технічних бар'єрів у торгівлі та підвищує конкурентоспроможність продукції, робіт та послуг до рівня розвитку науки, техніки і технологій. Мети національної стандартизації досягають розробляючи, упроваджуючи та засновуючи НД.

У теперішній час в Україні є чинним ДСТУ ГОСТ 10791:2016, що нормує технічні вимоги щодо суцільнокатаних залізничних коліс. У 2021 році Міждержавною радою з стандартизації, метрології та сертифікації прийнято Зміну №1 до ГОСТ 10791-2011 «Колеса цельнокатаные. Технические условия». За прийняття Зміни №1 проголосували національні органи з стандартизації наступних держав: Вірменія, Білорусь, Казахстан, Росія, Таджикистан, Узбекистан. Національним органом сертифікації України ця Зміна №1 не була прийнята методом підтвердження. Та на порядку денному постало питання необхідності розробки національного стандарту на даний вид металопродукції.

Відповідно до наказу №285 від 28.12.2022 Державного підприємства «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості», яке виконує функції національного органу стандартизації, було прийнято 20268 європейських нормативних документів CEN/CENELEC як національних нормативних документів методом підтвердження. Серед цих документів є ДСТУ CEN/TS 15718:2022 (CEN/TS 15718:2011, IDT) «Залізниці. Колісні пари та візки. Вимоги до продукції для литих коліс» (Railway applications – Wheelsets and bogies – Product requirements for cast wheels), та ДСТУ EN 13262:2022 (EN 13262:2020, IDT) «Залізниці. Колісні пари та візки. Колеса. Вимоги до продукції» (Railway

applications. Wheelsets and bogies. Wheels. Product requirement). Разом з тим, основний національний споживач вагонних коліс має інфраструктуру, яка протягом багатьох десятиріч будувалася та експлуатувалася з урахуванням профілю та показників якості залізничних коліс, виготовлених відповідно до ДСТУ ГОСТ 10791 «Колеса суцільнокатані. Технічні вимоги» (ГОСТ 10791, IDT). На сьогодні основний вітчизняний споживач технічно не готовий перейти на застосування коліс відповідно до європейських нормативних документів, але при цьому вимоги ДСТУ ГОСТ 10791 є морально і технічно застарілими і не відповідають сучасному рівню складності умов експлуатації та значно підвищеному фактичному рівню якості залізничних коліс. Крім того, сучасний рівень розвитку технологій дозволяє виготовляти залізничні колеса не лише способом гарячої пластичної деформації, а й різними способами високоякісного лиття.

Мета роботи: розроблення рекомендацій щодо основних технічних вимог нового національного стандарту до залізничних коліс вагонних, які відповідають сучасному етапу розвитку техніки та технологій.

Методика дослідження: аналітичні дослідження виконувались шляхом співставного аналізу вимог ДСТУ ГОСТ 10791:2016, міжнародного стандарту ГОСТ 10791-2011 та європейського стандарту EN 13262:2020 щодо основних показників якості залізничних коліс.

Результати. Основні механічні властивості, хімічний склад, забрудненість неметалевими включеннями та структурний стан сталей для залізничних коліс – є основними показниками, що визначають сферу їх застосування та їх рівень якості.

Хімічний склад сталей. При співставному аналізі вимог ДСТУ ГОСТ 10791:2016, міжнародного стандарту ГОСТ 10791-2011 зі Зміною №1 та EN 13262:2020 щодо основних технічних вимог для залізничних вагонних коліс встановлено, що вимоги ДСТУ ГОСТ 10791:2016 та міжнародного стандарту ГОСТ 10791-2011 зі Зміною №1 співпадають. При порівнянні цих вимог з відповідними у EN 13262:2020 встановлено, що хімічний склад сталей у ДСТУ ГОСТ 10791:2016 має обмеження щодо вмісту основних та мікролегуючого хімічних елементів (C, Mn, Si, V) в певному інтервалі, а EN 13262:2020 обмежує лише максимальний вміст елементів. Внаслідок цього, сталь з меншим вмістом елементу формально буде відповідати за хімічним складом маркам з більшим припустимим вмістом елементу.

З рисунку 1 можна бачити, що максимально припустимий вміст вуглецю у EN 13262:2020 поступово збільшується зі збільшенням номеру марки сталі. Вміст вуглецю в сталях відповідно до ДСТУ ГОСТ 10791:2016 є максимальним для сталі марки Т, мінімальним для сталі марки 1, є певний інтервал значень (більше 0,52 та до 0,55%, мас) між

маркою 1 і маркою 2, сталь з таким вмістом вуглецю не є ні маркою 1, ні маркою 2. Сталь марки Л містить 0,48-0,54 %, мас. вуглецю, тобто за вмістом цього елементу є близькою до сталі марки 1. При порівнянні вимог ДСТУ ГОСТ 10791:2016 та EN 13262:2020 щодо вмісту вуглецю в сталях, можна зазначити, що частково перекриваються припустимі інтервали для марок 1, Л, на малій ділянці марка 2 зі сталями відповідно до EN 13262:2020. Вміст вуглецю у сталі марки Т та значною мірою марки 2 за ДСТУ ГОСТ 10791:2016 перевершує припустимий рівень вмісту вуглецю в сталях відповідно до EN 13262:2020.

Вміст марганцю в сталях відповідно до EN 13262:2020 практично однаковий для марок ER6, ER7, ER8, ER9, відрізняється лише вміст марганцю в сталі марки ERS8. Введення нового матеріалу ERS8 відбулося в останній редакції стандарту EN 13262, як матеріал, який може забезпечити підвищену стійкість до втоми контакту (RCF). Марка сталі ERS8 введена як оптимізація марок сталі ER8 і ER9 внаслідок контактної втоми (RCF), беручи до уваги відомості з експлуатації в Європі, наприклад, BS 5892-3, що діє, у Сполученому Королівстві. У сталях відповідно до ДСТУ ГОСТ 10791:2016 вміст марганцю є меншим та на близькому рівні з європейськими марками для сталей марки 2 та Т. Для сталей марки 1 та Л мінімальний припустимий вміст марганцю відповідає максимальному для ER7, ER8, ER9, а максимальний припустимий рівень для марки 1 і Л навіть більший за максимальний рівень у сталі марки ERS8.

Відповідно до вимог EN 13262:2020 щодо вмісту кремнію можна бачити з рис. 1, що принциповий підхід до визначення обмежень вмісту елементу аналогічний до вмісту марганцю: однаковий для марок ER6, ER7, ER8, ER9 (до 0,4%, мас.), відрізняється лише максимальний вміст кремнію в сталі марки ERS8 (до 1,1 %, мас). У вимогах ДСТУ ГОСТ 10791:2016 також застосований аналогічний підхід щодо вмісту кремнію, як і відносно марганцю: менший мінімальний рівень для сталей марок 2 і Т, більший для марок 1 і Л, але при цьому максимальний вміст кремнію в сталях марок 1, Л і Т близький. Тобто для сталі марки Т щодо вмісту кремнію передбачено більш широкий припустимий інтервал значень.

Щодо вмісту ванадію у EN 13262:2020 для всіх марок сталей передбачено обмеження максимального вмісту ванадію на рівні 0,06%, мас. В ДСТУ ГОСТ 10791:2016 вміст ванадію значно змінюється відповідно для кожної марки сталі, тобто цей елемент активно застосовується як мікролегуєчий. Для сталей марок 1 і Л вказаний мінімальний вміст ванадію на рівні 0,08%, мас., тобто наявність в сталі цього елементу є обов'язковою. Максимальний вміст ванадію відповідно до вимог ДСТУ ГОСТ 10791:2016 складає 0,15%, мас. для

сталей марок 1, Л і Т.

Вимоги щодо вмісту шкідливих домішок представлені на рис. 2. З рисунку видно, що європейський стандарт EN 13262:2020 має більш жорсткі вимоги (менший максимально припустимий рівень) щодо вмісту сірки та фосфору. Дещо парадоксальним є обмеження щодо мінімального рівня вмісту сірки в сталі марки Т відповідно до ДСТУ ГОСТ 10791:2016 – 0,005%, мас. Таким чином сталь, яка містить сірку в кількості до 0,005%, мас. не відповідатиме вимогам стандарту.

Вимоги щодо вмісту хрому, нікелю, молібдену та міді для всіх марок сталей за стандартами, що розглядаються, мають відповідний близький рівень вимог, для них обмежується лише максимальний вміст елементів.

Разом з тим, ДСТУ ГОСТ 10791:2016 також містить унормовані максимальні значення відхилень по масовій частині хімічних елементів в сталі коліс, а EN 13262:2020 дозволяє зміни вимог у межах максимальних рівнів відповідно до технічної специфікації, яка може бути узгоджена з замовником.

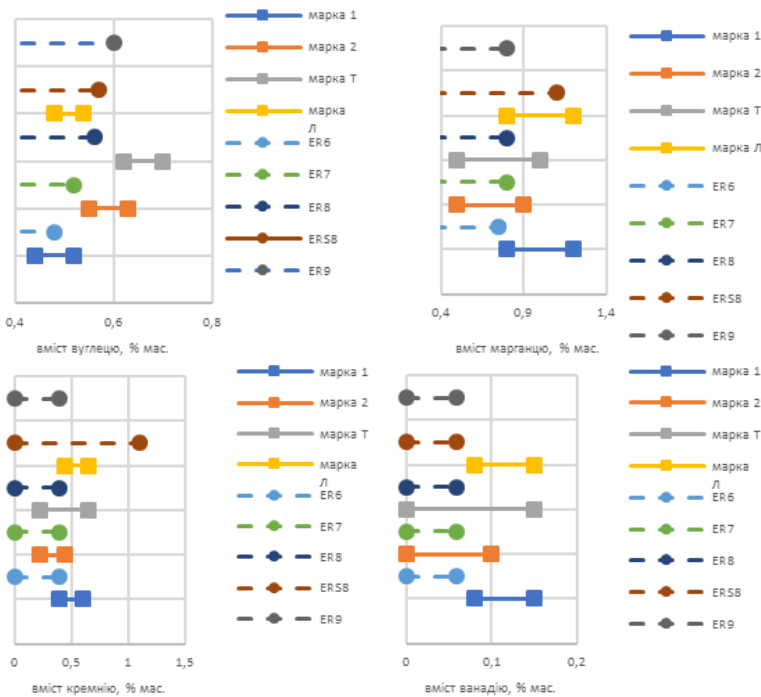


Рисунок 1 – Припустимий вміст основних та мікролегуючого хімічних елементів в сталях відповідно до ДСТУ ГОСТ 10791:2016 (марка 1, 2, Т, Л) та EN 13262:2020 (ER6, ER7, ER8, ERS8, ER9).

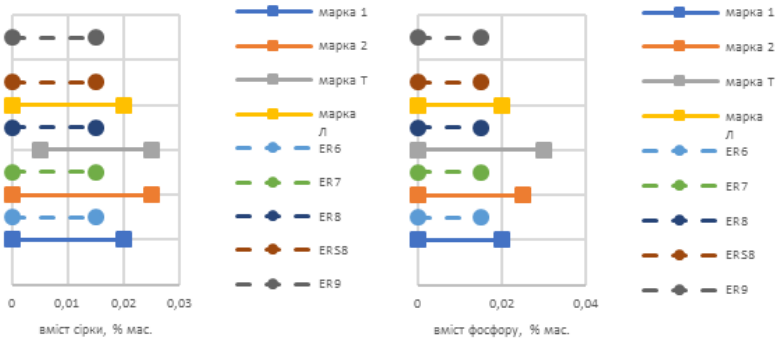


Рисунок 2 – Припустимий вміст хімічних елементів - шкідливих домішок в сталях відповідно до ДСТУ ГОСТ 10791:2016 (марка 1, 2, Т, Л) та EN 13262:2020 (ER6, ER7, ER8, ERS8, ER9).

ДСТУ ГОСТ 10791:2016 передбачає аналіз сталі за ковшевою пробую, але дозволяє на вимогу замовника або за експертизи проводити хімічний аналіз складу сталі на пробах, взятих із коліс. У EN 13262:2020 вказано, що зразок визначення хімічного складу має бути відібраний на рівні кола кочення на 15 мм нижче за поверхню кочення, виходячи з номінального діаметра. Але зазначено, що хімічний склад можна також визначити шляхом аналізу плавки. В цьому випадку в технічній специфікації хімічний склад необхідно відповідно адаптувати. Вміст водню згідно EN 13262:2020 має бути на рівні менше 2 проміле для коліс категорії 1 і менше 2,5 проміле для коліс категорії 2. Натомість відповідно до ДСТУ ГОСТ 10791:2016 масова частка водню в рідкій сталі не повинна перевищувати 2 проміле.

До нового національного стандарту на колеса для залізничних вагонів, рекомендовано включення марок сталей відповідно до ДСТУ ГОСТ 10791:2016 і EN 13262:2020 як можливих для виготовлення суцільнокатаних і кованих залізничних коліс. Також у першій редакції нового національного стандарту рекомендується введення обмеження щодо вмісту хімічних елементів – шкідливих домішок, які відповідатимуть рівню вимог EN 13262:2020 для всіх марок сталей: максимальний припустимий рівень сірки та фосфору – 0,015 та 0,020% мас. відповідно для всіх марок сталі.

Забрудненість неметалевими включеннями. Колеса класифікуються за забрудненістю сталі неметалевими включеннями відповідно до ДСТУ ГОСТ 10791:2016 на категорії А, В і С. Відповідно до EN 13262:2020 колеса класифікуються на категорію 1 та категорію 2. При цьому колеса 1 і 2 категорії відрізняються не лише за вмістом неметалевих включень, а й за рядом інших характеристик. У новому

національному стандарті передбачається виключення категорії С, як такої що має низький рівень безпеки та є неактуальною на сьогодні.

Вимогами ДСТУ ГОСТ 10791:2016 щодо забрудненості неметалевими включеннями встановлено максимально припустимий рівень для оксидів рядкових (ОС), оксидів точкових (ОТ), силікатів крихких (СХ), силікатів пластичних (СП), силікатів, які недеформуються (СН), сульфідів (С) відповідно для коліс категорій А і В. Визначення рівня забрудненості має проводитись відповідно до ГОСТ 1778 (метод Ш1) за середнім балом окремо за кожним видом включень.

Стандарт EN 13262:2020 натомість регламентує визначення наступних типів включень: А (сульфіди), В (алюмінати), С (силікати), D (глобулярні оксиди), DS (одиначні глобулярні оксиди) та суми (В + С + D) за тонкою та товстою серією. Визначення проводиться відповідно до ISO 4967:2013, метод «А».

Таким чином, ДСТУ ГОСТ 10791:2016 розглядає більше типів включень та дає можливість надавати більш реалістичну та повноцінну оцінку неметалевим включенням.

Щодо місця відбору зразків для визначення забрудненості неметалевими включеннями, у ДСТУ ГОСТ 10791:2016 зазначено, що «контроль проводять на шести шліфах, вирізаних із двох діаметрально протилежних радіальних темплетів обода відповідно до рисунка 10» (рис. 3, а). Згідно EN 13262:2020 для контролю чистоти металу «обстежуване поле має відповідати заштрихованій області рисунку 5. Центр поля «F» розташований на 15 мм нижче поверхні кочення» (рис. 3, б).

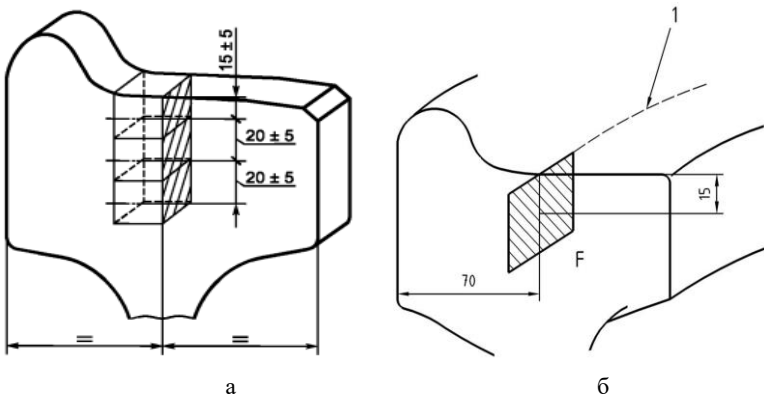


Рисунок 3 – Положення шліфів для контролю забрудненості сталі коліс неметалевими включеннями: а – рисунок 10 за ДСТУ ГОСТ 10791:2016; б – рисунок 5 за EN 13262:2020.

За результатами співставного аналізу можна бачити, що висновки про забрудненість неметалевими включеннями відповідно до вимог європейського стандарту роблять за результатами контролю лише одного зразка, а за вимогами ДСТУ ГОСТ 10791:2016 – на більшій кількості шліфів, розташованих по периметру колеса та на різній відстані від поверхні кочення. Разом з тим, великий досвід практичного використання вимог EN 13262 підтвердив спроможність застосування такої кількості аналізованого металу для забезпечення надійної експлуатації коліс зі сталей марок ER6, ER7, ER8, ERS8, ER9. Крім того, слід враховувати, що періодичність контролю неметалевих включень згідно ДСТУ ГОСТ 10791:2016 – кожна 25 плавка на одному колесі, а згідно EN 13262:2020 – одне колесо від кожної плавки, а в разі розміру плавки більше 250 коліс – два колеса від плавки.

У чинному ДСТУ ГОСТ 10791:2016 (ГОСТ 10791-2014, IDT) забрудненість неметалевими включеннями оцінюється за ГОСТ 1778, але він наразі не є чинним в Україні. У новому національному стандарті рекомендується проводити визначення забрудненості неметалевими включеннями за ДСТУ 8966:2019 2019 «Сталь. Металографічні методи визначення неметалевих включень», який введено в дію в Україні зі скасуванням ГОСТ 1778, для коліс зі сталей марок 1, 2, Т, Л при цьому зменшити припустимий рівень забрудненості ОТ до 2 балу, СП до 1,5 балу, СН до 2 балу для коліс категорії В; для коліс зі сталей марок ER6, ER7, ER8, ERS8, ER9 оцінку металографічної чистоти проводити відповідно до вимог EN 13262:2020. У новому національному стандарті рекомендовано відбирати зразки для визначення забрудненості неметалевими включеннями для коліс зі сталей марок 1, 2, Т, Л за схемою, передбаченою ДСТУ ГОСТ 10791:2016, при цьому встановити періодичність контролю – кожна п'ята плавка замість кожної десятої; для коліс зі сталей марок ER6, ER7, ER8, ERS8, ER9 – відповідно до вимог EN 13262:2020.

Мікроструктура. Вимог щодо контролю мікроструктури не містить ні ДСТУ ГОСТ 10791:2016, ні EN 13262:2020. Але досвід застосування таких вимог у нормативній документації ряду країн свідчить про підвищення експлуатаційної надійності та довговічності залізничних коліс, які мають відповідну мікроструктуру, зокрема контрольований розмір зерна. Рекомендується в новому національному стандарті ввести додаткову вимогу – розмір зерна не більше 5 номеру для коліс зі сталі марки 2 за ДСТУ ГОСТ 10791:2016. Місце відбору зразків для визначення розміру зерна для коліс зі сталі марки 2 рекомендоване за схемою, передбаченою ДСТУ ГОСТ 10791:2016 для контролю неметалевих включень. Контроль розміру зерна проводити на першому шліфі від поверхні кочення шляхом дослідження мікроструктури із

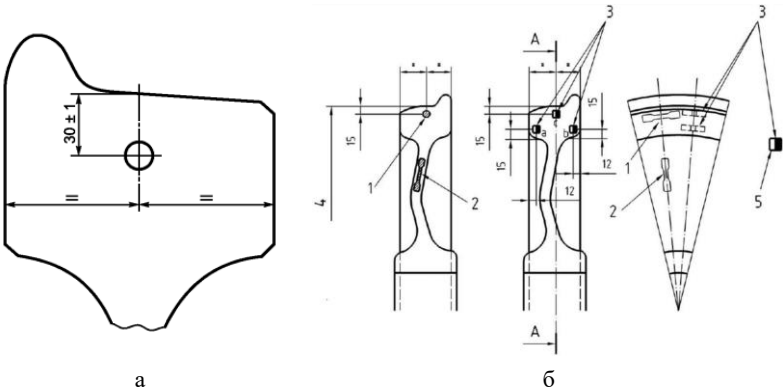
збільшенням 100 крат. Оцінку розміру зерна проводити за методикою відповідно до ДСТУ 8972:2019 «Сталі та сплави. Методи виявлення та визначення величини зерна», який був введений 28.12.2019 зі скасуванням в Україні ГОСТ 5639-82. Встановити періодичність контролю – одне колесо від кожної десятої плавки. Для коліс зі сталей інших марок контроль розміру зерна не проводити.

Механічні властивості сталі коліс. Для проведення механічних випробувань на розтяг металу ободу колеса відповідно до вимог ДСТУ ГОСТ 10791:2016 розташування зразка показано на схемі рис. 4, а (рис. 3 відповідно до ДСТУ ГОСТ 10791:2016). Зразок розташований на глибині 30 мм від поверхні кочення. Випробування проводять відповідно до ГОСТ 1497 на зразках діаметром 10 мм з розрахунковою довжиною 50 мм.

За результатами випробувань визначають границю міцності ($\text{H}/\text{мм}^2$), відносне видовження (%) та відносне звуження (%) ободу. Згідно з EN 13262:2020 зразок для випробувань на розтяг з ободу колеса береться на глибині 15 мм (рисунок 1 за EN 13262:2020) відповідно до схеми, наведеної на рис. 4, б. Випробування має проводитись відповідно до вимог EN ISO 6892-1:2016. Номінальний діаметр випробувального зразка повинен бути не менше 10 мм, а базова довжина для виміру деформації повинна бути в 5 разів більша за діаметр. За результатами випробувань визначають границю міцності (МПа), границю плинності (МПа) та відносне видовження (%).

При порівнянні вимог вітчизняного та європейського стандартів можна бачити (рис. 5), що в EN 13262:2020 для різних марок сталей відповідно до збільшення максимально припустимого вмісту вуглецю збільшується нормований рівень характеристики міцності, при цьому припустимий діапазон для кожної марки є близьким, і між марками є значне перекриття припустимих інтервалів значень. Відповідно до ДСТУ ГОСТ 10791:2016 можна бачити з рис. 5, що сталі марки Л і Т мають обмеження лише щодо мінімальних значень і не мають обмежень з боку більших значень. Для сталей марок 1 і 2 границя міцності нормується в певному інтервалі. Вимоги щодо рівня відносного видовження для коліс всіх марок за обидвома аналізованими стандартами знаходяться на близькому рівні і відрізняються лише на кілька одиниць.

Порівнювати між собою значення характеристик між двома стандартами є не достатньо коректним, оскільки місце відбору зразків для випробувань не повністю відповідає в них, а хімічний склад передбачає зміну не одного, а кількох компонентів. Але загалом можна відзначити, що вимоги до коліс за ДСТУ ГОСТ 10791:2016 дещо вищі для показників міцності і близькі для показників пластичності.



Позначення:

1. Зразок для випробування на розтягування з ободу; (вісь на 15 мм нижче поверхні кочення щодо номінального діаметра);
2. Зразок для випробування на розтягування в диску;
3. Зразок для випробування на ударний вигин;
4. Номінальний діаметр;
5. Надріз.

Рисунок 4 - Положення зразка для випробування на розтяг в ободі колеса (рисунок 3 за ДСТУ ГОСТ 10791:2016) – а; положення зразків для випробування (рисунок 1 за EN 13262:2020) – б.

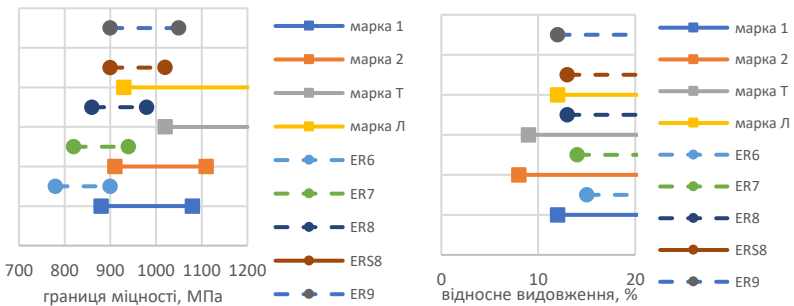


Рисунок 5 – Вимоги щодо границі міцності та відносного видовження металу ободу відповідно до ДСТУ ГОСТ 10791:2016 (марка 1, 2, Т, Л) та EN 13262:2020 (ER6, ER7, ER8, ERS8, ER9).

Контроль твердості відповідно до ДСТУ ГОСТ 10791:2016 проводиться на глибині 30 мм від поверхні кочення, а відповідно до вимог EN 13262:2020 – на глибині 35 мм (рис. 6). Тому пряме порівняння рівню вимог є некоректним. Можна відзначити, що у EN 13262:2020 мінімально припустимий рівень твердості поступово підвищується відповідно до зміни хімічного складу сталей (рис. 7, а). У

ДСТУ ГОСТ 10791:2016 можна бачити поступове збільшення мінімально припустимого рівня для сталей марок 1, 2, Л (відповідно), а для марки Т мінімальний припустимий рівень значно перевищує значення для інших марок та відповідає верхньому граничному значенню для сталі марки Л – єдиної марки, яка має обмеження по максимальному значенню твердості. За ДСТУ ГОСТ 10791:2016 також нормується максимально припустима різниця значень твердості на глибині 30 мм – не більше 20 НВ.

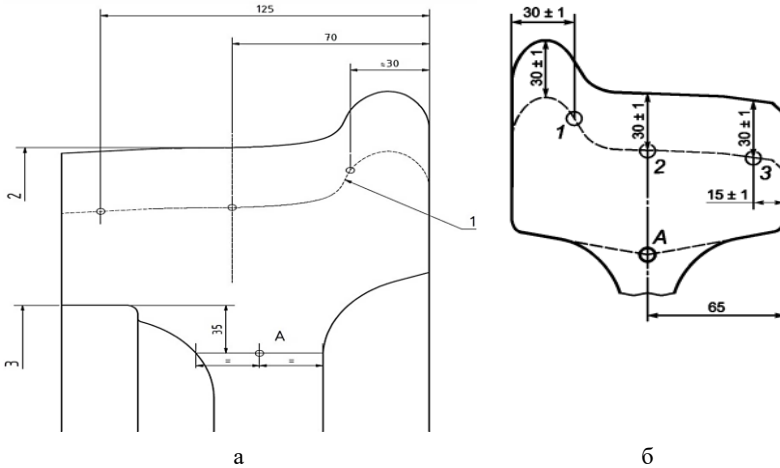


Рисунок 6 – Точки вимірювання твердості на поперечному темплеті обода колеса на контрольній глибині і в зоні переходу обода в диск (точка А) відповідно до EN 13262:2020 (а) та ДСТУ ГОСТ 10791:2016 (б).

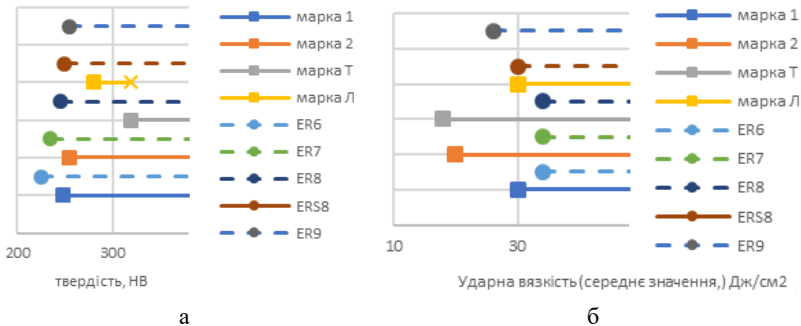


Рисунок 7 – Вимоги щодо твердості (а) та ударної в'язкості (б) обода відповідно до ДСТУ ГОСТ 10791:2016 (марка 1, 2, Т, Л) та EN 13262:2020 (ER6, ER7, ER8, ERS8, ER9) для коліс категорії 2.

Місця відбору зразків металу ободу колеса для проведення випробувань на ударний вигин за EN 13262:2020 та ДСТУ ГОСТ 10791:2016 повністю відповідають. Але при цьому за національним стандартом визначають ударну в'язкість в Дж/см², а за європейським – роботу удару в джоулях. Крім того, EN 13262:2020 нормує не лише середнє значення, а й мінімальне з трьох для колеса, крім того, передбачені випробування при -20°C з використанням зразків з V-подібним надрізом.

Для можливості порівняння вимог стандартів був виконаний перерахунок вимог до рівня середніх значень роботи удару за EN 13262:2020 відповідно до площі перерізу зразку шириною 10 мм з надрізом глибиною 5 мм. Як видно з рис. 7, б, до сталей марок 1, Л, ER6, ER7, ER8, ERS8 вимоги знаходяться в близькому діапазоні значень 30...34 Дж/см², окрім вимог до сталей з більш високим вмістом вуглецю (марка Т і 2 за ДСТУ ГОСТ 10791:2016 і марка ER9 за EN 13262:2020).

Контрольовані механічні властивості металу диску коліс відповідно до EN 13262:2020: зниження границі міцності диска щодо обода для одного і того ж колеса та відносне подовження при розтягу. Визначаються ці характеристики на одному колесі від плавки, а у випадку, коли плавка містить більше 250 коліс, на двох колесах від плавки. Відповідно до ДСТУ ГОСТ 10791:2016 нормується рівень границі міцності, який не має перевищувати 90% від фактичного значення границі міцності ободу, та ударна в'язкість при кімнатній температурі й мінус 60 °С. При цьому випробування на розтяг металу диска проводять на одному колесі від кожної 10-ї партії, випробування на ударний вигин при 20 °С – на одному колесі кожної партії, а при мінус 60 °С – на одному колесі від кожної 25-ї партії.

Щодо визначення тріщиностійкості (в'язкості руйнування) сталі коліс стандарти ДСТУ ГОСТ 10791:2016 та EN 13262:2020 мають ідентичні вимоги щодо місця відбору зразків, їх типу, розміру та методики проведення випробувань. Але щодо рівня значень характеристики, якого необхідно досягти, EN 13262:2020 зазначає наступне:

- для коліс зі сталі марки ER6 середнє значення, отримане з шести зразків для випробування, має бути більшим або рівним 100 МПа√м, а кожне одиничне значення має бути більше 80 МПа√м;
- для коліс зі сталі марки ER7 середнє значення, отримане з шести зразків для випробування, має бути більшим або рівним 80 МПа√м, а кожне одиничне значення має бути більше 70 МПа√м;
- для коліс з інших марок сталі значення, які необхідно досягти, повинні узгоджуватися в технічній специфікації.

У ДСТУ ГОСТ 10791:2016 щодо необхідних значень

тріщиностійкості вказано, що вони повинні становити, МПа·м^{1/2} не менше:

50 – для залізничного рухомого складу з конструкційною швидкістю до 200 км/год;

70 – для залізничного рухомого складу з конструкційною швидкістю понад 200 км/год.

Таким чином, європейський стандарт нормує середнє та мінімальне значення для відповідних марок сталей, в свою чергу національний стандарт нормує рівень характеристики відповідно до умов експлуатації незалежно від марки сталі.

Як видно з вищенаведеного, аналізовані стандарти мають значні розбіжності щодо методики випробування та рівня вимог до механічних властивостей, тому в новому національному стандарті пропонується відбирати зразки та проводити випробування для визначення механічних властивостей суцільнокатаних коліс зі сталей марок 1, 2, Т, Л відповідно до вимог ДСТУ ГОСТ 10791:2016, а для коліс зі сталей марок ER6, ER7, ER8, ERS8, ER9 – відповідно до вимог EN 13262:2020. Для забезпечення підвищення надійності та довговічності експлуатації залізничних коліс, рекомендовано підсилити контроль шляхом збільшення числа випробувань характеристик, які є показниками рівномірності термічної обробки обода та його надійності: ударна в'язкість сталі обода при 20 °С – кожна 5 партія замість кожної 25-ї; різниця значень твердості обода на глибині 30 мм від поверхні кочення по периметру колеса – кожна десята партія замість кожної 25-ї.

Відповідно ДСТУ 1.2:2015 «Національна стандартизація. Правила проведення робіт з національної стандартизації», який регламентує порядок розроблення, узгодження, затвердження, розповсюдження, перевірки, перегляду, зміни та скасування стандартів, було розроблено першу редакцію проекту нового національного стандарту ДСТУ «КОЛЕСА ДЛЯ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ. Технічні умови» на заміну ДСТУ ГОСТ 10791:2016 «Колеса цельнокатаные. Технические условия», яка включала надані рекомендації.

Висновки

За результатами співставного аналізу основних технічних вимог ДСТУ ГОСТ 10791:2016, ГОСТ 10791–2011 зі Зміною 1 та EN 13262:2020 розроблені наступні рекомендації по включенню їх в нову редакцію державного стандарту на залізничні колеса:

- рекомендоване включення як можливих для виготовлення залізничних коліс сталей відповідно до ДСТУ ГОСТ 10791:2016 і сталей відповідно до EN 13262:2020;

- рекомендоване введення більш жорстких обмежень щодо вмісту шкідливих домішок, які відповідатимуть рівню вимог EN 13262:2020

для всіх марок сталей: до 0,015% сірки та до 0,020% фосфору;

- рекомендоване виключення категорії С для коліс, як такої що має низький рівень безпеки та є неактуальною на сьогодні;

- пропонується проводити визначення забрудненості неметалевими включеннями за ДСТУ 8966:2019 2019 «Сталь. Металографічні методи визначення неметалевих включень», для коліс зі сталей марок 1, 2, Т, Л при цьому зменшити припустимий рівень забрудненості ОТ до 2 балу, СП до 1,5 балу, СН до 2 балу для коліс категорії В; для коліс зі сталей марок ER6, ER7, ER8, ERS8, ER9 оцінку металографічної чистоти проводити відповідно до вимог EN 13262:2020;

- пропонується відбирати зразки для визначення забрудненості неметалевими включеннями для коліс зі сталей марок 1, 2, Т, Л за схемою, передбаченою ДСТУ ГОСТ 10791:2016, при цьому встановити періодичність контролю – кожна п'ята плавка; для коліс зі сталей марок ER6, ER7, ER8, ERS8, ER9 – відповідно до вимог EN 13262:2020;

- рекомендовано контроль розміру зерна для сталі марки 2 проводити на першому шліфі від поверхні кочення. Оцінку розміру зерна проводити за методикою відповідно до ДСТУ 8972:2019 «Сталі та сплави. Методи виявлення та визначення величини зерна». Встановити періодичність контролю – одне колесо від кожної десятої плавки. Для коліс зі сталей інших марок контроль розміру зерна не проводити;

- рекомендовано відбирати зразки та проводити випробування для визначення механічних властивостей для коліс зі сталей марок 1, 2, Т, Л відповідно до вимог ДСТУ ГОСТ 10791:2016, а для коліс зі сталей марок ER6, ER7, ER8, ERS8, ER9 – відповідно до вимог EN 13262:2020.

O. I. Babachenko¹, D. Sc. (Tech.), Senior Researcher, Director, ORCID 0000-0002-2869-3478

G. A. Kononenko¹, D. Sc. (Tech.), Senior Researcher, ORCID 0000-0001-7446-4105

E. M. Rybalka¹, Head of the Standardization Department

R. V. Podolskyi¹, Ph. D. (Tech.), Researcher, ORCID 0000-0002-0288-0641

O. A. Safronova¹, Junior Researcher, Ph. D. Student, ORCID 0000-0002-4032-4275

O. L. Safronov¹, Junior Researcher

¹ *Iron and Steel Institute of Z. I. Nekrasov National Academy of Sciences of Ukraine*

DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS ON TECHNICAL REQUIREMENTS FOR A NEW NATIONAL STANDARD FOR RAILWAY WHEELS

Abstract. At the present time, DSTU GOST 10791:2016 is in force in Ukraine, which regulates the technical requirements for solid-rolled railway wheels. From January 1, 2024, the national standard of confirmation will be DSTU EN 13262:2022 (EN 13262:2020, IDT) "Railways. Wheels and carts. Wheels. Product requirements"

(Railway applications. Wheelsets and bogies. Wheels. Product requirement). At the same time, the main national consumer of wagon wheels has an infrastructure that has been built and operated for many decades taking into account the profile and quality indicators of railway wheels manufactured in accordance with DSTU GOST 10791 "Solid-rolled wheels. Technical requirements" (GOST 10791, IDT). Today, the main domestic consumer is technically not ready to switch to the use of wheels in accordance with European regulatory documents, but at the same time, the requirements of DSTU GOST 10791 are morally and technically outdated and do not correspond to the modern level of complexity of operating conditions and the significantly increased actual level of quality of railway wheels. The purpose of the study is to develop recommendations regarding the main technical requirements of the new national standard for railway wagon wheels, which correspond to the current stage of development of equipment and technologies based on the results of a comparative analysis of the requirements of DSTU GOST 10791:2016, the international standard GOST 10791-2011 and the European standard EN 13262:2020 regarding of the main indicators of the quality of railway wheels: mechanical properties, chemical composition, contamination by non-metallic inclusions and structural condition of steels for railway wheels. Accordingly, DSTU 1.2:2015 "National standardization. The rules for carrying out work on national standardization", which regulates the procedure for developing, agreeing, approving, distributing, checking, revising, changing and canceling standards, the first edition of the project of the new national standard of the DSTU "WHEELS FOR RAILWAY ROLLING STOCK" was developed. Technical conditions" to replace DSTU GOST 10791:2016 "Solid wheels. Technical conditions".

Key words: railway wheels, national standard, chemical composition, mechanical properties.

For citation: Babachenko, O. I., Kononenko, G. A., Rybalka, E. M., Podolskyi, R. V., Safronova, O. A., & Safronov, O. L. (2023). Development of recommendations on technical requirements for a new national standard for railway wheels. *Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy*, 37, 374-388. <https://doi.org/10.52150/2522-9117-2023-37-374-388>

*Стаття надійшла до редакції збірника 17.10.2023 р.
Рекомендовано до друку редколегією збірника (Протокол № 9 від 19.12.2023 р.)*