

**ТЕХНОЛОГІЇ ТА
ОБЛАДНАННЯ ВИРОБНИЦТВА**

УДК 621.785.797

Р. Ю. ДЬОМІН**ДОСЛІДЖЕННЯ ВТОМНОГО РУЙНУВАННЯ БАНДАЖІВ КОЛІС ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ**

З застосуванням комплексу матеріалознавчих методів досліджено випадки втомного руйнування бандажів коліс колісних пар тягового рухомого складу залізниць. Проведено аналіз макро- і мікроструктури, фізико-хімічних і механічних властивостей зруйнованих бандажів. Розглянуто два випадки руйнування бандажів коліс – в області виточки під бандажне кільце і на поверхні гребеня. За допомогою фрактографічних досліджень поверхонь руйнування бандажів встановлені місця зародження тріщин, зони розвитку втомних тріщин з явними концентричними лініями, які вказують на швидкість розвитку тріщин, а також стан циклічного навантаження і зона долому. Мікрорельєф в зоні долому визначено річковим візерунком з утворенням сходинок, що характерно для крихкого руйнування.

Ключові слова: бандаж колеса, втомне руйнування, мікротріщини, макро- і мікроструктура, хімічний склад, механічні властивості.

С применением комплекса материаловедческих методов исследованы случаи усталостного разрушения бандажей колес колесных пар тягового подвижного состава железных дорог. Проведен анализ макро- и микроструктуры, физико-химических и механических свойств разрушенных бандажей. Рассмотрены два случая разрушения бандажей колес – в области выточки под бандажное кольцо и на поверхности гребня. С помощью фрактографических исследований поверхностей разрушения бандажей установлены места зарождения трещин, зоны развития усталостных трещин с явными концентрическими линиями, которые указывают на скорость развития трещин, а также состояние циклической нагрузки и зона долома. Микрорельеф в зоне долома определено речным узором с образованием ступенек, что характерно для хрупкого разрушения.

Ключевые слова: бандаж колеса, усталостное разрушение, микротрещины, макро- и микроструктура, химический состав, механические свойства.

With the application of a complex of material-based methods, cases of fatigue failure of the bandages of the wheelset wheels of the traction rolling stock of the railways were investigated. The analysis of macro- and microstructure, physical-chemical and mechanical properties of destroyed bandages has been carried out. Two cases of the destruction of the bandages of the wheels are considered – in the region of the recess under the spring ring and on the surface of the wheel flange. With the help of a fraction and graphic studies of the areas of destruction of the bandages, the origin of the cracks, the zone of development of fatigue cracks with explicit concentric lines, which indicate the rate of development of cracks, as well as the state of the cyclic loading and the zone of the gap are established.

The structure of the main metal of the bandages is steel with perlite grains and the separation of ferrites along the grain boundaries. In the study of the surface layers of the wheel flanges microcracks were found that had a periodic pattern of repetition throughout the surface and elongated shape. Structural changes found in the surface layer of metal bandages may be due to thermomechanical effects, as a result of high heating and cooling of the surface of the flange during operation.

Investigation of the chemical composition of the bandage material showed that in local cracks iron oxides and manganese are present, that defects completely filled with corrosion products that may be indicative of the formation on the metal surface of certain irregularities and inclusions.

One reason for fatigue bandages in the region of the recess under the spring ring could be too high value bandage tension on the center wheelset, and the presence of heterogeneity on the metal surface in the form of oxides and sulphides, probably appeared places of the spread of cracks. The fatigue failure of wheel flanges is due to the appearance of thermal cracks on the surface of the flange, as a result of braking with a large pressing of the brake pads, especially at high speed of the wheelset.

Keywords: wheel bandage, fatigue fracture, microcracks, macro- and microstructure, chemical composition, mechanical properties.

Вступ. Безпека руху поїздів в значній мірі залежить від надійної роботи колісних пар як найбільш навантажених елементів ходових частин рухомого складу. До основних елементів колісних пар тягового рухомого складу відносяться бандажі коліс. Підвищення надійності та збільшення ресурсу бандажів коліс становить одне з найважливіших завдань локомотивного господарства. Однак, трапляються випадки руйнувань бандажів коліс в експлуатації в результаті зародження втомних тріщин. В умовах експлуатації матеріал бандажа знаходиться під впливом трьох важливих факторів: розтягальних напружень, поверхневого наклепу і термомеханічних впливів. Термомеханічні дії можуть бути як експлуатаційні (результат нагрівання і деформування при гальмуванні), так і технологічні (результат нагрівання при поверхневому зміцненні). Внаслідок цього, поверхневий шар матеріалу може практично втратити здатність до опору руйнування, що проявляється у втраті пластичності, окрихченні матеріалу, накопиченні дефектів та появи на поверхні сітки тріщин [1].

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. Втомні тріщини найчастіше виникають в приповерхневій зоні бандажа, у внутрішній зоні ураженого корозією металу, по знаку маркування, в області виточки під бандажне кільце та також на поверхні гребеня [1–4]. Концентраторами напружень також виступають гострі кромки упорних буртів, в зоні яких зароджуються і далі розвиваються втомні тріщини [5].

Аналіз виявлених випадків руйнувань бандажів коліс колісних пар тягового рухомого складу та літературних джерел з цієї проблеми свідчить про відсутність практичних даних щодо детально досліджених випадків розвитку втомних тріщин в місцях виточки під бандажне кільце [3, 6]. Крім того, можна стверджувати, що досі не розроблено ефективного методу виявлення таких тріщин на стадії зародження, оскільки тріщини зазвичай виявляють після зняття бандажів з колісних центрів.

Руйнування важко навантажених деталей (перш за все коліс рухомого складу), викликані комплексним впливом зазначених факторів, можна віднести до

© Р. Ю. Дьомін. 2017

непередбачуваних. Тому дослідження причин утворення тріщин в поверхневих шарах металу бандажів і встановлення методів підвищення експлуатаційної стійкості і надійності бандажів залишається актуальною проблемою.

Ціль та задачі дослідження. Мета даної роботи полягає у дослідженні з використанням комплексу матеріалознавчих методів і засобів причин руйнування бандажів тягового рухомого складу залізниць в області крайки виточки під бандажне кільце, а також на поверхні гребеня.

Прикладні задачі дослідження пов'язані з аналізом причин руйнування бандажів електровозів ВЛ8-340, ДС3-13 та тепловозів 2М62У-0327, ЧМЭЗ-2004, ЧМЭЗ-2949.

Методи та засоби дослідження. Для вирішення поставленого завдання проведені детальні дослідження макро- і мікроструктури, фізико-хімічних і механічних властивостей зруйнованих бандажів. Дослідження проводилися на зруйнованих бандажах коліс локомотивів, що експлуатуються на залізницях України.

Фрактографія поверхні руйнування досліджувалась на аналітичному скануючому електронному мікроскопі Vega 3 LMN (фірма Tescan) для отримання інформації про характер руйнування та наявності крихкого чи в'язкого руйнування. Структура зразків в різних зонах матеріалу бандажа вивчалась за допомогою оптичної металографії (мікроскоп Axiovert 25 CA) та растрової електронної мікроскопії (РЕМ) (мікроскопи: NeoScore JCM-5000 (фірма JEOL), РЭМ 106И (фірма SELMI), Vega 3 LMN (фірма Tescan). Визначення хімічного складу (по лінії та площі) проводилось на растровому електронному мікроскопі CamScan 4D з енергодисперсійним аналізатором INCA Energy фірми Oxford Instruments. Механічні властивості матеріалу оцінювались методом вимірювання мікротвердості за Вікерсом на приладі ПМТ-3.

Дослідження показали, що зародження тріщин, які призводять до руйнування, відбувалося в області крайки виточки під бандажне кільце [7]. Схематично зони зародження тріщин (I - II) та основного металу (ОМ) бандажа зображено на рис. 1.

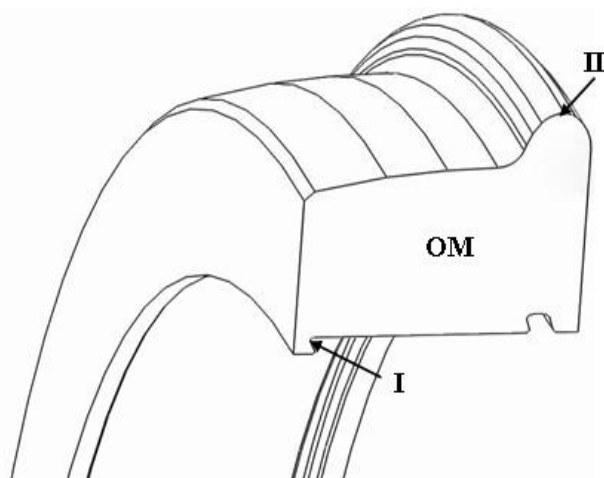


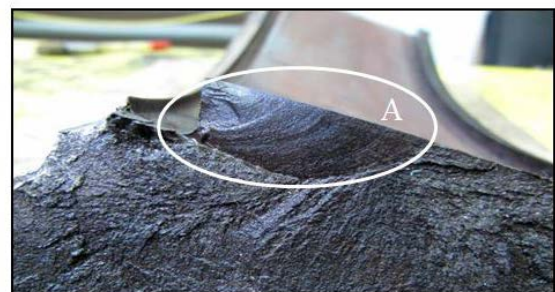
Рис. 1 – Схема розташування зон зародження тріщин (I-II) і основного металу (ОМ) бандажа: I – зона крайки виточки під бандажне кільце; II – поверхня гребеня

На поверхні втомних зломів бандажів спостерігається мікрорельєф з річковим візерунком з утворенням сходинок, який характерний для крихкого руйнування [8, 9]. Структура основного металу бандажів – сталь з перлітним зерном і виділенням фериту по межах зерен.

При детальному огляді місця злому досліджуваних бандажів було визначено осередок руйнування крайки виточки під бандажне кільце виявлено зону зародження втомної тріщини і зону долому (рис. 2). Особливостями мікрорельєфу втомних зломів бандажів є виявлені лінії втоми, які розташовані концентрично відносно осередку руйнування та свідчать про стабільне поширення втомної тріщини. Розташування ліній втоми і величина проміжків між ними характеризують швидкість розвитку тріщини і стан циклічного навантаження. В нашому випадку виявлено тонкі концентричні лінії (рис. 2, б, область А), які розташовані з однаковим інтервалом, що свідчить про відносно низьку швидкість росту тріщини при мінімальних відхиленнях від умов циклічного навантаження.



а



б

Рис. 2 – Втомні макрозломи бандажів з початком руйнування в області виточки під бандажне кільце: а – зона тріщини утворення; б – зона долому

Дослідження й аналіз особливостей використання неруйнівних методів контролю показали, що серед сучасних поширених методів (ультразвуковий, вихрострумний, капілярний, акустичний) найбільш ефективним при виявленні втомних тріщин у бандажах, саме в зоні крайки виточки під бандажне кільце, є акустичний метод.

При дослідженні особливостей застосування акустичного методу при аналізі стану колісних пар було визначено, що обробку сигналу необхідно проводити з мінімальною кількістю його неінформативних складових для забезпечення ефективності аналізу, тому основне завдання – максимально уникнути присутності в сигналі складових звучань об'єктів, що не

підлягають діагностиці. Разом з тим, ймовірно, буде практично неможливо виключити вплив елементів з'єднання рами з буксовими вузлами і наявність ре-

йок. Принципова блок-схема приладу для виявлення втомних тріщин у бандажах колісних пар представлена на рис. 3.

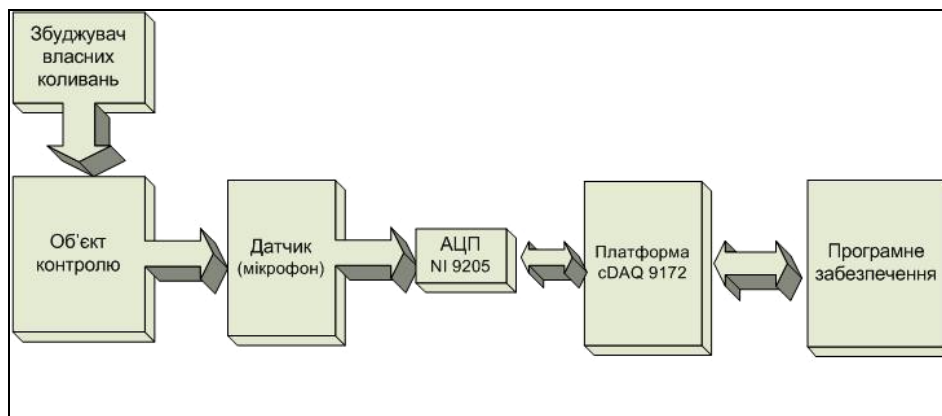


Рис. 3 – Блок-схема системи діагностики колісної пари низькочастотним віброакустичним методом

Звукові хвилі, що збуджуються при контакті, надходять через мікрофон до аналого-цифрового перетворювача, де відбувається оцифровування сигналів, а далі засобами високошвидкісного інтерфейсу дані передаються до ПК, де відбуваються подальша обробка й аналіз сигналу з використанням спеціального прикладного програмного забезпечення. В результаті роботи системи формується масив миттєвих значень прийнятих сигналів, який може бути оброблений з використанням математичних операторів і функцій вбудованих в стандартному наборі середовища LabVIEW [10].

З огляду на вищезазначене, можна стверджувати, що акустичний метод є найбільш перспективним для дослідження колісних бандажів, який, на відміну від інших методів неруйнівного контролю, може бути використаний для виявлення втомних тріщин в області виточки бандажів під час експлуатації ТРС, проте він потребує більш детального вивчення та удосконалення.

Міцнісні розрахунки. З використанням 3D-моделі бандажа побудована кінцево-елементна модель, розроблена схема навантаження бандажа і виконані розрахунки на міцність. Розрахунки проводилися для нового і зношеного бандажів коліс колісних пар. Розрахункові випадки включали рух прямими і в кривих. Значення сил, що діють на бандаж, приймалися рівними: 100 кН – вертикальна сила і 50 кН – горизонтальна сила.

За розрахунками у випадку руху прямими в області крайки виточки під бандажне кільце нового колеса напруження становить 154 МПа, а зношеного – 172 МПа. У випадку руху по кривим напруження зростають до 231 МПа і 267 МПа відповідно для нового і зношеного коліс.

Також були проведені розрахунки для визначення втомної довговічності бандажів колісних пар за умови, що всі цикли мають однакові знакозмінні і середні напруги. За цикл навантаження приймається 1 оборот колеса. При відсутності статистичної інформації про кількість прямих і кривих, які проходить екіпаж протягом усього терміну служби, як правило,

приймають 70 % прямих і 30 % кривих. Після підрахунку межі витривалості і на підставі розрахунків на міцність можна зробити висновок, що при схемі навантажень нового бандажа при русі на прямолінійних ділянках колії втомні пошкодження не накопичуються. Еюра втомної довговічності бандажа показана на рис. 4.

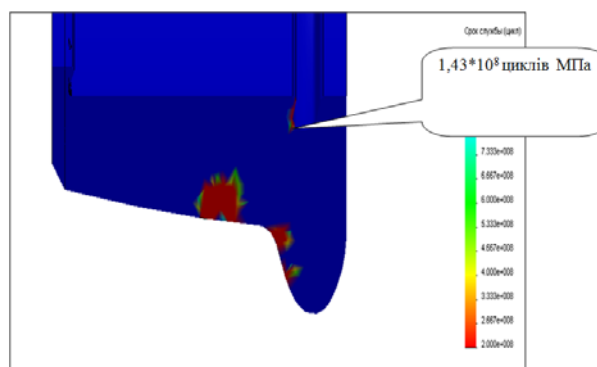
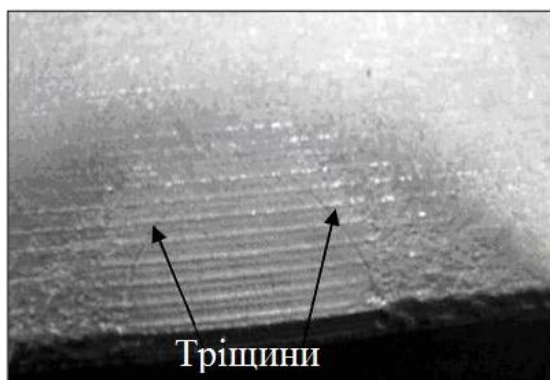


Рис. 4 – Еюра втомної довговічності бандажа

Термін служби бандажа розраховувався за допомогою пакета COSMOSWorks. Ресурс бандажа визначався за формулою: $L = n * 2\pi R$, де n – кількість циклів, R – радіус колеса. Отримано, що ресурс бандажа становить: $L = 561\ 275$ км. Термін служби бандажа визначається як $T = L / l * 365$, де l – добовий пробіг. Відповідно, термін служби бандажа колісної пари складає: $T = 5,4$ року.

Аналіз причин руйнування бандажів в області крайки виточки під бандажне кільце. Характерною особливістю, виявленою при дослідженні зруйнованих бандажів коліс локомотивів, є втомне руйнування. В одному з випадків при детальному огляді крайки виточки під бандажне кільце візуально виявлено тріщини довжиною ~ 25–40 мм (рис. 5, а), які в подальшій експлуатації могли призвести до руйнування бандажа. Причиною виникнення тріщин в даному випадку, ймовірно, стало занадто високе значення натягу бандажа на центрі колісної пари, проте перевірити

дане припущення не вдалося, оскільки виміряти внутрішній радіус бандажа після його руйнування неможливо. Встановлено, що зародження тріщин в області кромки виточки під бандажне кільце відбувалося за циферблатним механізмом (рис. 5, б).



а



б

Рис. 5 – Тріщини в області крайки виточки під бандажне кільце

За аналізом мікроструктури металу бандажа в місці крайки виточки під бандажне кільце було виявлено неметалеві включення у вигляді сульфідів, силкатів недеформованих та оксидів. За допомогою растрової електронної мікроскопії у поверхневих шарах області крайки виточки було виявлено також продукти корозії. Дослідження хімічного складу показали, що вміст кисню в даному місці змінюється від 28,3 до 31,9 мас.%. Ймовірно, в процесі експлуатації утворилися оксиди заліза, що є небажаним явищем. Значення мікротвердості в області крайки виточки під бандажне кільце становило 3,13 ГПа, а основного металу – 2 ГПа.

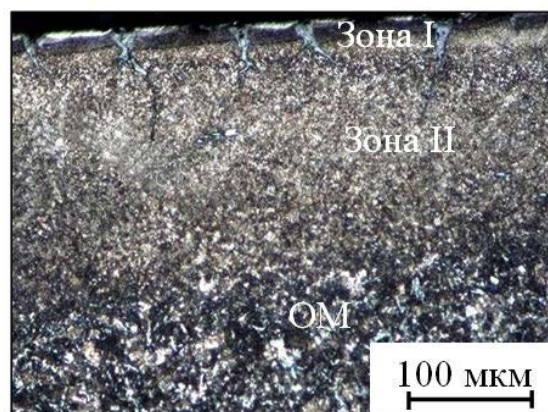
Виходячи з результатів проведених досліджень, можна припустити, при експлуатації бандажів у найбільш навантажених місцях, а особливо в області крайки виточки під бандажне кільце виникають втомні тріщини, які є наслідком умов експлуатації, неоднорідності металу на поверхні та наявності зміцненого поверхневого шару.

Аналіз причин руйнування гребеня бандажа .

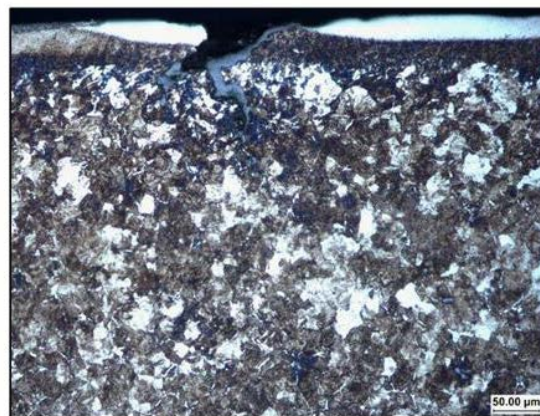
При глибокому дослідженні за допомогою растрової електронної мікроскопії поверхневих шарів гребеня зруйнованих бандажів були виявлені мікротріщини, які мали періодичний характер повторення по всій поверхні. Глибина залягання цих дефектів складає ~ 120 мкм. Виявлено дрібні мікротріщини, що утворилися при втомному руйнуванні, які мають розгалужений і

звивистий характер. Ці мікротріщини зародилися в при поверхневому шарі і згодом поширилися вглиб металу.

Мікроструктурними дослідженнями виявлено поверхневий шар товщиною 70–300 мкм, який складається з двох зон (рис. 6 а, зона I і зона II). Зона I товщиною 10–15 мкм є більш дрібнодисперсною з розміром зерен 0,8-2,4 мкм, порівняно з зоною II. Сформовані зони мають чітку границю між собою та основним металом бандажа. Виявлено дрібнодисперсні «білий» і «чорний» шари (зона I) товщиною до 20-50 мкм з розміром зерен ~ 0,8-2,4 мкм, а також перехідна зона перед основним металом (зона II) (рис. 6 б). Структурні зміни, які спостерігаються в поверхневому шарі, можливо, спричинені термомеханічним впливом, як результат високого нагрівання та охолодження поверхні гребеня в процесі експлуатації, або за рахунок наклепування металу.



а



б

Рис. 6 – Мікроструктура матеріалу бандажа: а – основний метал; б – поверхневий шар з мікротріщинами

Мілкодисперсна структура поверхневого шару характерна для загартованих структур (сорбіт, тростит), які мають високу твердість і крихкість (рис. 6, б). Ймовірно, що великі залишкові напруги наклепаного поверхневого шару металу бандажа, а також структурні зміни як результат термомеханічного впливу (цикл «високий нагрів – високе охолодження») в процесі експлуатації і викликають появу мікротріщин.

При вимірюванні твердості металу бандажа по Брінеллю встановлено підвищення твердості в зоні гребеня (329 НВ), тоді як в зоні основного металу вона становить (281-286 НВ). При порівнянні результатів середнього значення мікротвердості поверхневого шару в зоні гребеня і основного металу бандажа встановлено, що на робочій поверхні гребеня утворився зміцнений шар товщиною до 60 мкм, твердість якого підвищується від 2,97 ГПа (основний матеріал) до 8,81 ГПа на поверхні гребеня. Мікротвердість поблизу мікротріщин збільшується в 2,5 рази, в зоні дрібнодисперсного поверхневого шару – в 2 рази в порівнянні зі значенням мікротвердості основного металу. Таким чином, швидше за все підвищення мікротвердості поверхневого шару гребеня бандажа обумовлено процесами наклепу матеріалу в експлуатації.

Для визначення хімічного складу матеріалу бандажа був застосований метод локального мікроаналізу рентгеноспектрального аналізу, проведений за допомогою скануючого електронного мікроскопа. Електронно-мікроскопічні дослідження структури матеріалу бандажа з визначенням хімічного складу (рис. 7) показали, що в місці мікротріщин вміст кисню становить до 30,5 мас.%, тобто, дані дефекти повністю заповнені продуктами корозії, які можливо пов'язані з утворенням на поверхні металу певної неоднорідності чи включень, що викликає виникнення локальних корозійно активних ділянок.

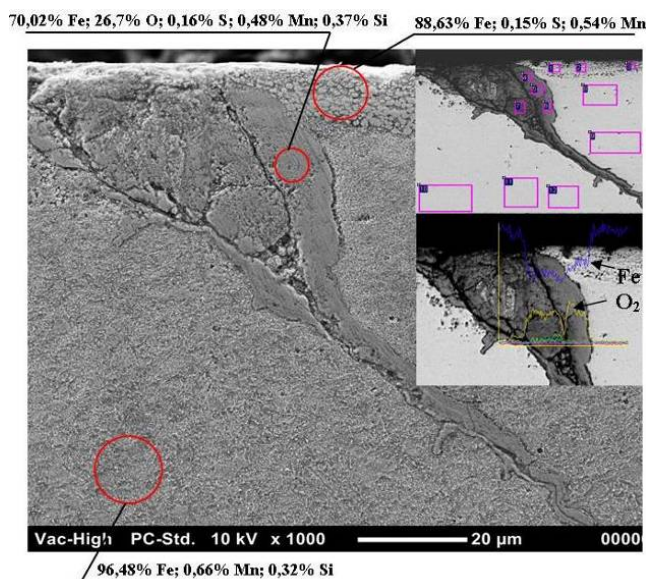


Рис. 7 – Хімічний аналіз матеріалу бандажа

Мікроаналіз хімічного складу в матеріалі бандажа виявив підвищення вмісту S в приповерхневому шарі (зона І) та в місці мікротріщин до 0,15-0,16 мас.%, що перевищує норми, встановлені ГОСТ 398-96 та дані у технічному паспорті на сталь марки 2, з якої виготовлено бандаж. Важливо відмітити також, що виявлено незначне знеуглецювання приповерхневих шарів, де концентрація вуглецю стає менша, ніж в об'ємі матеріалу. Це також являється фактором нестабільності структури металу бандажа.

Проведений хімічний аналіз в місці мікротріщин показав, підвищений вміст кисню, кремнію та фосфо-

ру, порівняно з основним металом та даними в технічному паспорті. Відповідно, це свідчить про неоднорідність матеріалу, що може зумовлювати зміну структури та властивостей металу бандажа.

Слід зазначити, що виявлені мікротріщини в поверхневому шарі є небезпечними концентраторами напружень, які можуть викликати розвиток магістральної тріщини і руйнування матеріалу. Можна припустити, що в зоні мікрodefektів відбувається нерівномірний розподіл концентрації напружень, створюючи при цьому максимальні критичні напруження, які інтенсивно розвиваються. Подібні дефекти мають закономірний характер появи на робочій поверхні гребеня бандажа.

В роботах [1, 11] описані випадки появи термічних тріщин, які виникають на гребнях бандажів локомотивів в результаті різкого гальмування з великим натиском гальмівних колодок, особливо при високій швидкості обертання колісної пари, що призводить до руйнування бандажа. В результаті локального нагріву поверхні гребеня бандажа вище температури 400-500°C і швидкого охолодження матеріал втрачає свої пружні властивості. Внаслідок цього можуть відбуватися структурні і фізико-хімічні зміни приповерхневих шарів бандажа з утворенням загартованих структур, втратою пластичності, окрихчуванням, накопиченням дефектів і появою мікротріщин.

Через так звану термічну втому відбувається процес руйнування матеріалу, який поступово розвивається під дією багаторазово повторюваних температурних напружень. Характерною ознакою термічних тріщин, які виникають при значному нагріві коліс гальмівними колодками, є наявність кольорів мінливості на поверхні кочення і фасці та білястий колір обода колеса.

Таким чином, структурно-фазові зміни, що спостерігаються в поверхневому шарі матеріалу бандажа, викликані, можливо, наклепом металу і термомеханічним впливом внаслідок високого нагріву і охолодження поверхні гребеня в процесі експлуатації при різкому гальмуванні [4]. Також ймовірно, що механізм утворення дефектів на поверхні гребеня пов'язаний з процесами тертя в парі «бандаж – гальмівна колодка», супроводжуючись градієнтом температур в результаті різкого гальмування зі значним натисканням гальмівних колодок, особливо при високій швидкості обертання колісної пари.

Висновки. В результаті проведених досліджень з застосуванням комплексу матеріалознавчих методів встановлено:

1. Руйнування бандажів коліс локомотивів відбувається в результаті зародження та розвитку втомних тріщини в найбільш навантажених місцях, зокрема в області кромки виточки під бандажне кільце і на поверхні гребеня, де діють великі розтягальні напруження від посадки на колісний центр. В експлуатації до цих навантажень додаються циклічні змінні навантаження, які супроводжують рух колісної пари рейковою колією з нерівностями, включаючи стрілочні переводи і криволінійні ділянки колії.

2. При дослідженні мікроструктури на поверхні гребеня бандажів коліс виявлено зміцнений поверхневий шар з мікротріщинами, які періодично повторюються по всій поверхні. Механізм утворення таких мікротріщин по всій видимості пов'язаний з процесами тертя в парі «бандаж - гальмівна колодка» і виникненням градієнта температур в результаті різкого гальмування з великим натисканням гальмівних коло-

док, особливо при високій швидкості обертання колісної пари. У більшості випадків ці мікротріщини не є основною причиною руйнування бандажів, оскільки носять закономірний характер утворення, проте є небезпечними концентраторами напружень, які можуть викликати крихкість матеріалу і великі внутрішні напруження, що в результаті може привести до руйнування деталі.

Список літератури:

1. Петров, С. В. Об одной причине неожиданного разрушения колес [Текст] / С. В. Петров // Локомотив. – 2005. – № 3. – С. 35–36.
2. Лысак, Д. В. Анализ дефектов на поверхности бандажей колесных пар, выявленных при визуальном контроле [Текст] / Д. В. Лысак // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2009. – № 4. – С. 45–47.
3. Перков, О. Н. Структурные изменения в металле железнодорожных колес при формировании термических трещин [Текст] / О. Н. Перков, И. А. Вакуленко, Г. В. Рейдемейстер // Залізничний транспорт України. – 2006. – № 1. – С. 44–45.
4. Маркашова, Л. И. Оценка трещиностойкости металла железнодорожных колес после длительной эксплуатации [Текст] / Л. И. Маркашова, В. Д. Позняков, А. А. Гайворонський, Е. Н. Бердникова, Т. А. Алексеенко // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2011. – № 6. – С. 73–79.
5. Лысак, Д. В. Несуцільності металу і конструктивні особливості – як початок втомного руйнування бандажів колісної пари [Електронний ресурс] / Д. В. Лысак // Режим доступу: www.nbu.gov.ua/portal/natural/Res_tech/2010/lysak.pdf
6. Вакуленко, І. О. Чинники, які впливають на розвиток втомленості металу в процесі експлуатації залізничних коліс [Текст] / І. О. Вакуленко, О. М. Перков, М. А. Грищенко // Залізничний транспорт України. – 2007. – № 5. – С. 70–71.
7. Дьомін, Р. Ю. Застосування комплексу матеріалознавчих методів для дослідження втомного руйнування бандажів [Текст] / Р. Ю. Дьомін, В. С. Константіди, А. І. Трезуб, Л. Ф. Яценко // Залізничний транспорт України. – 2012. – № 3/4. – С. 11–13.
8. Бялік, О. М. Структурний аналіз металів. Металографія. Фрактографія [Текст] / О. М. Бялік, С. Є. Кондратюк, М. В. Кіндрачук, В. С. Черненко. – К.: ВПІ ВПК «Політехніка», 2006. – С. 60–100.
9. Феллоуза, Дж. Фрактографія і атлас фрактограмм [Текст] / Дж. Феллоуза. – М.: Металлургия, 1982. – 488 с.
10. Domin, R. Improving the means of experimental determination of dynamic loading of the rolling stock [Text] / R. Domin, A. Mostovych, A. Kolomiets // An International Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. – 2014. – Vol. 14, Issue 1. – P. 37–49.
11. Брюнчуков, Г. И. Методы повышения эксплуатационной стойкости бандажей локомотивных колес [Текст] / Г. И. Брюнчуков // Развитие железнодорожного транспорта в условиях реформирования. – 2006. – С. 214–220.

Bibliography (transliterated):

1. Petrov, S. V. (2005). Ob odnoy prichine neozhidannogo razrusheniya koles. Lokomotiv, 3, 35–36.
2. Lysak, D. V. (2009). Analiz defektov na poverhnosti bandazhey kolesnykh par, vyyavlenykh pri vizual'nom kontrole. Visnyk Skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu im. V. Dalia, 4, 45–47.
3. Perkov, O. N., Vakulenko, I. A., Reydeimester, G. V. (2006). Strukturnye izmeneniya v metalle zheleznodorozhnykh koles pri formirovani termicheskikh treshchin. Zaliznychnyi transport Ukrainy, 1, 44–45.
4. Markashova, L. I., Poznyakov, V. D., Gayvorons'kiy, A. A., Berdnikova, E. N., Alekseenko, T. A. (2011). Ocenka treshchinostoykosti metala zheleznodorozhnykh koles posle dlitel'noy ekspluatatsii. Fyzyko-khimichna mekhanika materialiv, 6, 73–79.
5. Lysak, D. V. Nesutsilnosti metalu i konstruktivni osoblyvosti – yak pochatok vtomnoho ruynuvannya bandazhiv kolisnoi pary. Available at: www.nbu.gov.ua/portal/natural/Res_tech/2010/lysak.pdf
6. Vakulenko, I. O., Perkov, O. M., Hryshchenko, M. A. (2007). Chynnyky, yaki vplyvaiut na rozvytok vtomlenosti metalu v protsesi ekspluatatsii zaliznychnykh kolis. Zaliznychnyi transport Ukrainy, 5, 70–71.
7. Domin, R. Yu., Konstantidi, V. S., Trehub, A. I., Yatsenko, L. F. (2012). Zastosuvannya kompleksu materialoznavchykh metodiv dlia doslidzhennia vtomnoho ruynuvannya bandazhiv. Zaliznychnyi transport Ukrainy, 3/4, 11–13.
8. Bialik, O. M., Kondratiuk, S. Ye., Kindrachuk, M. V., Chernenko, V. S. (2006). Strukturnyi analiz metaliv. Metalohrafiia. Fraktohrafiia. Kyiv: VPI VPK «Politehnika», 60–100.
9. Fellouza, Dzh. Fraktohrafiya i atlas fraktogramm. Moscow: Metallurgiya, 488.
10. Domin, R., Mostovych, A., Kolomiets, A. (2014). Improving the means of experimental determination of dynamic loading of the rolling stock. An International Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering, 14 (1), 37–49.
11. Bryunchukov, G. I. (2006). Metody povysheniya ekspluatatsionnoy stoykosti bandazhey lokomotivnykh koles. Razvitie zheleznodorozhnogo transporta v usloviyah reformirovaniya, 214–220.

Надійшла (received) 06.07.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Дослідження втомного руйнування бандажів коліс тягового рухомого складу/ Дьомін Р. Ю. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – No 20(1242). – С.77–83. – Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2079-5459.

Исследование усталостного разрушения бандажей колёс тягового подвижного состава/ Дьомин Р. Ю. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – No 20(1242). – С.77–83. – Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2079-5459.

Investigation of fatigue failure of wheel bandages of traction rolling stock/ Domin R. //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2017. – № 20 (1242). – P.77–83. – Bibliogr.:12. – ISSN 2079-5459

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Дьомін Ростислав Юрійович – кандидат технічних наук, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, докторант кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин; проспект Центральний, 59-а, м. Северодонецьк, Україна, 93400; e-mail: r.domin@1520mm.com

Дёмин Ростислав Юрьевич – кандидат технических наук, Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля, докторант кафедры железнодорожного, автомобильного транспорта и подъёмно-транспортных машин; проспект Центральная, 59-а, г. Северодонецк, Украина, 93400;

Domin Rostyslav – PhD, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Doctoral student of the Department of Railway, Road Transport and Hoisting-and-Transport Machines; Central ave. 59a, Sewerodonetsk, Ukraine, 93400; e-mail: r.domin@1520mm.com

УДК 634.8:663.21-021.4

Э. Ж. ИУКУРИДЗЕ, О. Б. ТКАЧЕНКО, С. В. КИСЕЛЁВ**ЛАБОРАТОРИЯ СЕНСОРНОГО АНАЛИЗА КАК СОВРЕМЕННЫЙ ИНСТРУМЕНТ В ТЕХНОЛОГИИ ВИНА**

Методы сенсорного анализа в винодельческой отрасли – эффективные инструменты, позволяющие определять органолептические показатели продукции, оценивать их значимость и прогнозировать реакцию потребителей, а также выявлять характерные особенности вин из категории наименований, контролируемых по происхождению. Для обеспечения проведения исследований методами сенсорного анализа на современном уровне целесообразна концентрация исследовательских методик и технологий анализа данных в отраслевой лаборатории сенсорного анализа, ориентированной на определение сенсорных характеристик продукта, технологический и маркетинговый консалтинг.

Ключевые слова: сенсорный анализ, виноделие, вино, виноград, органолептические характеристики, сенсорный профиль, экспертная панель

Методи сенсорного аналізу в виноробній галузі є ефективними інструментами, які дозволяють визначати органолептичні показники продукції, оцінювати їхню значимість та прогнозувати реакцію споживачів, а також визначати характерні особливості вин з категорії найменувань, контрольованих за походженням. Для забезпечення проведення дослідження методами сенсорного аналізу на сучасному рівні доцільна концентрація дослідницьких методик і технологій аналізу даних у галузевій лабораторії сенсорного аналізу, яка орієнтована на визначення сенсорних характеристик продукції, технологічний та маркетинговий консалтинг.

Ключові слова: сенсорний аналіз, виноробство, вино, виноград, органолептичні характеристики, сенсорний профіль, експертна панель

Methods of sensory analysis in winemaking can be used as effective instruments of sensory characteristics' determination, evaluation of their significance and prediction of consumers' response. Sensory analysis of grape berries allows predicting the sensory profile of wine and eliminating the risk of processing of grape with defects. Fermentation with yeast strains able to produce specific flavor components in combination with studies of wine sensory profile allows creation of products with improved consumer attractiveness. Sensory analysis is useful for determination of distinctive features of wines with protected designation of origin. Modern approach to studies of wines and related products requires the laboratory of sensory analysis with specialization in wine-making. This laboratory can offer the determination of sensory characteristics with discriminative and descriptive methods as well as technological and marketing consulting. Sensory analysis enables wine producers to create wines with distinguished characteristics, understand consumer preferences, improve the control of technology processes and predict the changes of sensory profile during wine shelf-life.

Keywords: sensory analysis, wine-making, wine, grape, sensory characteristics, sensory profile, expert panel

Введение. Человек воспринимает мир с помощью органов чувств. Еще до истоков цивилизации он пользовался ими для сбора информации о пище, воде, среде обитания и принимал жизненно важные решения на основании сенсорных впечатлений. По мере развития цивилизации область применения ощущений для взаимодействия с окружающей средой расширялась, а способ описания сенсорных впечатлений усложнялся вместе с развитием речи и письменности. Органы чувств человека стали незаменимым инструментом практически во всех сферах его материальной деятельности, помогая создавать изделия ремесел, архитектурные творения, произведения искусства, и, конечно же, пищевые продукты. Творческий поиск человека привел его к созданию разнообразных кулинарных шедевров из доступных даров природы и продуктов сельского хозяйства, а расширение границ цивилизации создало условия для интенсивной торговли между регионами с существенными различиями в

культуре производства и потребления продуктов питания и напитков. Ценность таких продуктов стала определяться не только их питательной ценностью и качеством, но и привлекательностью в глазах потребителей, готовых платить за добавленную стоимость в виде особо приятных впечатлений при потреблении продукта. Необходимость оценки приемлемости качества продуктов при их обмене в ходе торговых операций, а также предсказания их ценности в глазах потенциальных потребителей привела к возникновению профессии дегустатора – специалиста по оценке пищевых продуктов и напитков с помощью органов чувств, способного трансформировать сенсорные впечатления в описание свойств продукта и принять решения относительно его приемлемости, качества, особенностей потребления, технологической или кулинарной обработки. Вполне естественно, что первые упоминания о дегустаторах связаны с виноделием – одной из уникальных сфер пищевого производства,

© Э. Ж. Иукурдзе, О. Б. Ткаченко, С. В. Киселёв. 2017