

**ЗАКОНОМІРНОСТІ УТВОРЕННЯ ПОВЗУНІВ ТА ВИЩЕРБИН
НА КОЛІСАХ РІЗНИХ РІВНЕЙ ТВЕРДОСТІ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

**І. Г. Узлов, д. т. н., проф., К. І. Узлов, к. т. н., доц., А. В. Книш, к. т. н.,
А. М. Хулін, м. н. с., Ж. А. Дементьєва**

Інститут чорної металургії НАН України

Україна має одну з найбільш розвинених у Європі мережу залізниць, експлуатаційна довжина якої складає понад 22 тис. км. За густотою вона займає провідне місце серед країн СНД і наближається за цим показником до Європейських країн: Франції та Італії.

За обсягами вантажних перевезень залізниці України посідають четверте місце на Євразійському континенті, поступаючись лише залізницям Китаю, Росії та Індії. Вантажонапруженість українських залізниць (річний обсяг перевезень на 1км), у 3-5 разів перевищує відповідний показник розвинених європейських країн. Тобто, залізниці є базовою галуззю економіки України. На них припадає 88% вантажообігу та 50% пасажирообігу на відміну від країн ЄС, де частка залізниць становить біля 8%.

Однак, ситуація ускладнюється тим, що знос рухомого складу, термін експлуатації якого складає 25-30 років, досягає 70%. Це призводить до збільшення витрат на його ремонт та на забезпечення безпеки руху, проти нормативних, більш ніж у 2 рази.

Технологічні методи підвищення ресурсу залізничних коліс мають відповідати встановленим вимогам: при реалізації призначених технічних заходів середній ресурс до виключення з експлуатації має повністю бути використаним; нормування при використанні має забезпечувати ресурс 0,90-0,95 [1].

Підвищення строку служби колісних пар рухомого і тягового складу залізниць є найголовнішою проблемою. До найбільш ефективних методів підвищення довговічності коліс слід віднести зміцнення гребеню та поверхні кочення гартуванням, яке забезпечує рівномірність механічних характеристик за перетином колеса. Власний досвід авторів цієї роботи, свідчить про те, що мікролегування колісної сталі ванадієм [1] з оптимізацією параметрів термозміцнення обумовлює досягнення сполучення високих значень твердості з ударною в'язкістю і, як наслідок, підвищення експлуатаційної зносостійкості більш за 30% [1].

Попередніми дослідженнями авторів [2] було показано, що колеса підвищеної міцності та твердості КПТ, за даними приймально-здавальних випробувань ВАТ «ІНТЕРПАЙП НТЗ», демонструють переважні показники, водночас, твердості і міцності (рис. 1). Пов'язане це явище не тільки і, навіть, не стільки з простим підвищенням вмісту вуглецю, а із зміною структурного стану колісних сталей від доєвтектоїдного ферито-перлітного до квазієвтектоїдного перлітного (КП 2) і до бейнітного з феритною складовою голчастої морфології (КП Т).

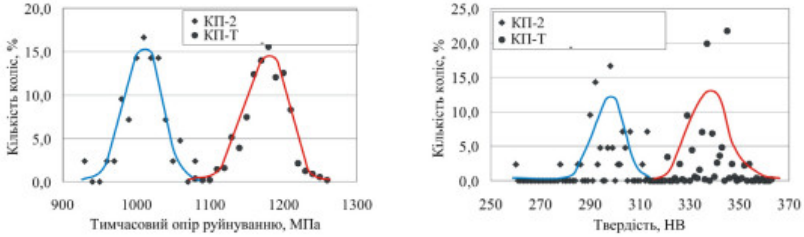


Рис. 1. Порівняльні характеристики здавальних властивостей тимчасово-го опору руйнуванню та твердості суцільнокатаних коліс КП 2 та КП Т.

Саме через це рисунок 2 однозначно свідчить про переважну схильність коліс КП2 до формування повзунів, пов'язану з нижчими міцностними їх характеристиками у порівнянні з КПТ (рис. 1).

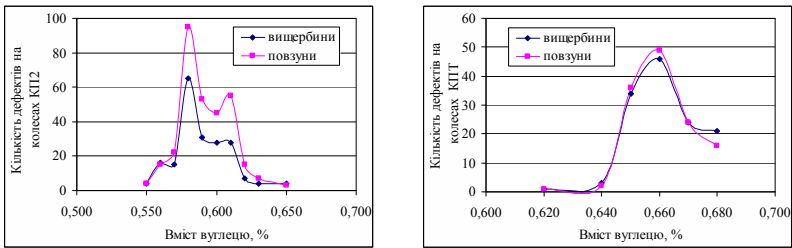


Рис. 2. Залежність кількості дефектів на колесах КП2 та КПТ від вмісту у виробках вуглецю

Що стосується вищербин, то сучасні фахівці [3-6] пов'язують схильність колісно-бандажних сталей до їх з'явлення з формуванням і розмірами «білих шарів» на поверхні виробів. Тобто із формуванням під впливом тертя під навантаженням (термічного імпульсу) мартенситних структур в приповерхневій контактній з рейкою зоні колеса. Таке положення було б справедливим, якщо б розміщення зародкової і магістральної тріщин завжди локалізувалося б в зоні «білого шару».

Як свідчать дані таблиці 1 градієнт твердості між поверхневою зоною гартування і тілом колеса у сталей КП 2 в 3 рази більший за відповідну сталь КП Т (115,9% проти 34,5%, відповідно).

Таблиця 1

Кількісні характеристики мікротвердостей «білого шару» та металу основи сталей КП2 та КПТ

Марка сталі	Мікротвердість, Н/мм ²		Різниця, Н/мм ²	Відносна різниця, %
	Білий шар	Метал основи		
КП2	7000 - 8000	3300 - 3600	4000	115,9
КПТ	5500 - 5800	4100 - 4300	1450	34,5

Тобто, очевидно є більша схильність сталі КП 2 до тріщиноутворення. Факт суттєвої різниці мікротвердості мартенситної зони в розглянутих випадках заслуговує окремого прискіпливого вивчення.

Найвним є факт (рис. 3) в два рази більшої товщини мартенситного шару сталі КПТ у порівнянні із КП2 (в сталі КПТ зафіксований як 2,32 мм проти 1,02 мм для КП2). Але, при цьому сумарна товщина зони термічного впливу зафіксована більшою у сталі КП2 в порівнянні з КПТ (3,66 мм проти 3,30 мм, відповідно – рис. 3). Тобто, при очевидному руйнуванні з формуванням вищербини не за зоною «білого шару», а в більш глибоких рівнях термічного впливу, високою є і вірогідність підвищеної схильності сталі КП2 до формування вищербин, в цілому.

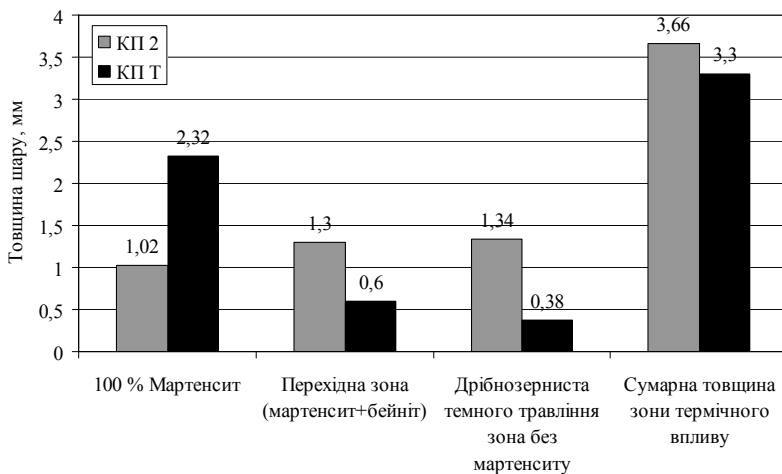


Рис. 3. Порівняльний аналіз структурних складових сталей КП2 та КПТ в зоні термічного впливу.

Аналіз характеру зародження і розвитку тріщин в обох випадках КП2 та КПТ (рис. 4) свідчить про те, що розвиток тріщини і, як наслідок, руйнування не відбувається за «білим шаром» з мартенситною структурою. Ця структурна складова є ініціатором зародження тріщини (рис. 4 а). Під «білим шаром» тріщина розгалужується, розбігається в різні боки (рис. 4 б). Під поверхнею в безмартенситній зоні темного травлення поодинокі тріщини зливаються (рис. 4 а-в). При зустрічі із тріщиною наступного циклу попередня «сходить» на неї і вироджується (рис. 4 б).

Наступні цикли навантаження при обертанні колеса руйнують дефектну структуру і на цьому місці формується кратер вищербини (рис. 4 в). Дрібні тріщини, як продукт розгалуження, якщо вони не вийшли на поверхню вироджуються саме в зоні вихідної структури колісної сталі.

Таким чином, однозначно встановлена переважна схильність коліс КП2 до формування повзунів, пов'язана з нижчими міцністними їх характеристиками у порівнянні з КПТ.

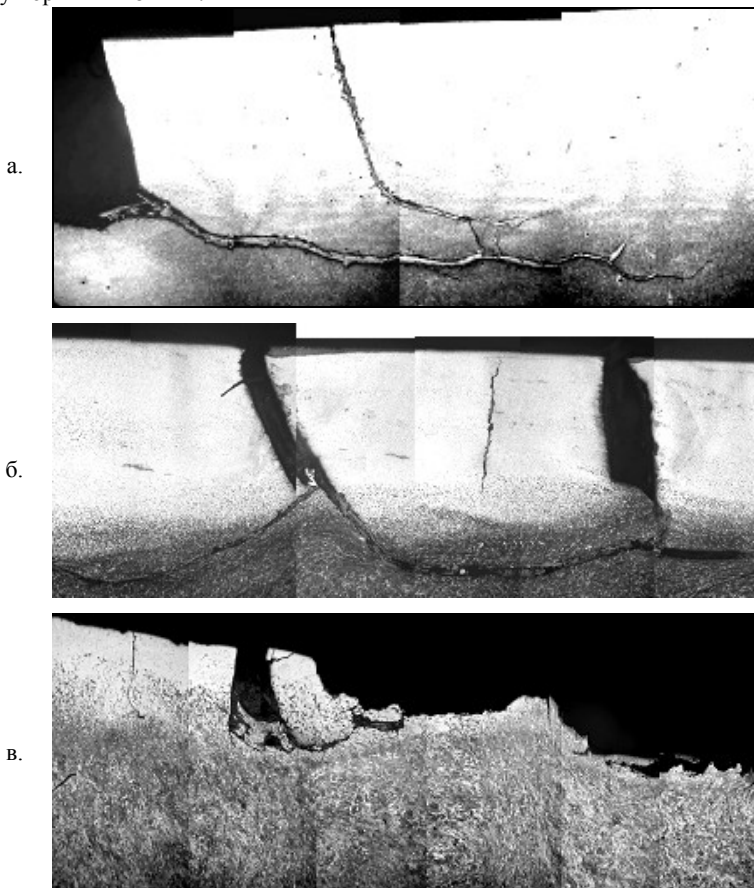


Рис. 4. Зародження тріщини в «білому шарі» та її розвиток в зоні термічного впливу колеса КП Т (а); траєкторія розвитку магістральної тріщини в зоні термічного впливу колеса КП2 під «білим шаром» з її виродженням на поверхні кочення (б); відшарування мартенситної зони поверхні кочення з формуванням вищербини на поверхні колеса КП2 (в).

Аналіз характеру зародження і розвитку тріщин у випадках КП2 та КПТ свідчить про те, що розвиток тріщини і, як наслідок, руйнування не відбувається за «білим шаром» з мартенситною структурою. Ця структурна складова є

ініціатором зародження тріщини. Принциповий вплив на формування вищербин мають зони термічного впливу взагалі.

Встановлено, що при ідентичному наборі структурних зон в сталі КП 2 та КП Т, їх розмірні характеристики для кожного із випадків є унікальними. Розмір «білого шару» в сталі КП Т більший за аналогічний для КП 2. При цьому встановлено, що у випадку розширення зони відбілювання у сталі КП Т, сумарна товщина зони термічного впливу зафіксована більшою у сталі КП2 в порівнянні з КПТ.

Використані джерела

1. Николаев Р.С. Причины поломок деталей подвижного состава. - М.: Гострансжелдориздат, 1954. – 196 с.

2. Узлов И.Г. Промышленное производство высокопрочных железнодорожных колес / И.Г.Узлов, К.И. Узлов, А.В. Кныш, Г.Н. Польский, Е.В. Горб, А.В. Рослик // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2008. – № 1. – С. 98-101.

3. Вакуленко І.О. Структурні перетворення в металі залізничного колеса від взаємодії з рейкою / І.О. Вакуленко, М.М. Грищенко // Вісник ДІТ. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2008. - №23. – С.175-177.

4. Пинчук С.И. Исследование структурных и фазовых изменений, происходящих вблизи поверхности катания железнодорожных колес при эксплуатации / С.И. Пинчук, С.И. Губенко, Е.В. Белая // Строительство, материаловедение, машиностроение // Сб. Научн. Трудов. Вып. 48, ч.2. – Днепропетровск: ПГАСА, 2009. – С. 11-21.

5. Бабаченко А.И. Исследование стойкости к образованию выщербин на поверхности катания железнодорожных колес различных уровней прочности / А.И. Бабаченко, А.А. Кононенко, П.Л. Литвиненко, [и др.] // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. – К.: Наукова Думка, 2010. – Вып. 21. – С. 196-204.

6. Бабаченко А.И. Исследование причин образования дефектов на поверхности катания высокопрочных колес в процессе эксплуатации / А.И. Бабаченко, А.А. Кононенко, Ж.А. Дементьева, [и др.] // Залізничний транспорт України. – 2010. - №5. – С.35-38.