

## *Структура та зносостійкість відновленого гребеня вагонного колеса*

С.А. Беспалов, кандидат технічних наук

Інститут металофізики ім. Г.В.Курдюмова НАН України, Київ

*Вивчено особливості структури наплавленого шару суцільнокатаного вагонного колеса, відновленого методом електродугового наплавлення під флюсом. Виявлено вплив дисперсності первинних кристалітів на зношування литої структури.*

Безпечна експлуатація залізничного транспорту суттєво залежить від стану колісних пар рухомого складу. В зв'язку з цим він постійно контролюється та при необхідності проводиться технічне обслуговування та ремонт, який, переважно, полягає у відновленні профілю поверхні кочення [1]. Широко розповсюджується технологія поновлення геометричних параметрів зношених поверхонь наплавленням з наступною механічною обробкою, що знижує у 3,5 рази темп обточування ободів вагонних коліс та за рахунок цього на 50 – 60 % подовжує термін експлуатації колісних пар.

Умови проведення цього технологічного процесу суттєво впливають на структуру наплавленого шару, зокрема на формування первинних кристалітів та розвиток ліквіаційних процесів. Тому метою даної роботи було встановлення зв'язку між структурою та зносостійкістю вагонного колеса, відновленого методом електродугового наплавлення під флюсом.

Досліджували зразки, вирізані із суцільнокатаного колеса вантажного вагону після електродугового наплавлення під флюсом, наступного хімічного складу (% мас. частка): 0,55 % С, 0,7 % Мп, 0,3 % Si, 0,1 % Cr, 0,09 % Cu, 0,15 % Ni, 0,020 % S, 0,022 % P. При напавленні поверхні колеса, попередньо нагрітої до температури 275 °С із швидкістю 6 °С/хв, використовували електрод Св 08Г2С (0,1 % С, 2,0 % Мп, 0,9 % Si, 0,020 % S, 0,03 % Р) і флюс АН348А. Напруга при цьому складала  $U = 30 \pm 1$  В, струм  $I = 170 \pm 10$  А, швидкість обертання колеса  $n = 0,13$  об/хв. Після формування чотирьох шарів на відновлюваній поверхні колесо повільно охолоджували до температури  $55 \pm 5$  °С. Переріз гребеня після наплавлення схематично представлено на рис. 1.

Зносостійкість кожної зони визначали окремо на машині 2070 СМТ-1 за схемою «диск-колодка» в режимі сухого тертя ковзання при питомому навантаженні 4 МПа і швидкості ковзання 0,5 м/с. Час випробування становив 10 год. Матеріалом контртіла була сталь 45 з твердістю 50 – 52 НРС. Зношування оцінювали щопівгодини за втратою маси. Структуру вивчали

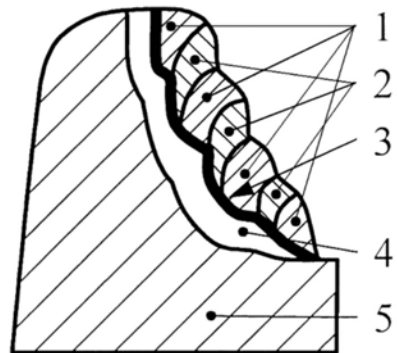


Рис. 1. Переріз гребеня вагонного колеса після наплавлення. 1 – наплавлений шар, 2 – зона сплавлення двох шарів, 3 – зона сплавлення основного та наплавленого металу, 4 – зона термічного впливу, 5 – основний метал.

## Структура, зношування, руйнування

за допомогою оптичного мікроскопа Neophot-32. Твердість вимірювали за методом Брінелля, а мікротвердість – методом дряпання на приладі ПМТ-3 при навантаженні 100 г з кроком 1 мкм за методикою [2].

Дослідження мікроструктури вагонного колеса після наплавлення виявило в наплавлених шарах (зона 1, рис. 1) стовпчасті кристаліти, розмір і морфологія яких залежить від теплових умов кристалізації. Так, близько поверхні спостерігаються чітко орієнтовані стовпчасті кристаліти (рис. 2 а), ріст яких відбувся у напрямку, протилежному до максимального тепловідводу. В центрі наплавлених шарів, тобто в області з меншим температурним градієнтом, утворились розгалужені кристаліти (рис. 2 б), для яких характерна поява відгалужень, орієнтованих в напрямку відбору тепла. При наближенні до основного металу сформувались чітко спрямовані вузькі стовпчасті кристаліти (рис. 2 в), зумовлені різким градієнтом температур в зоні їх утворення. В області сплавлення двох шарів (зона 2, рис. 1) орієнтовані кристаліти не спостерігаються (рис. 2 г).

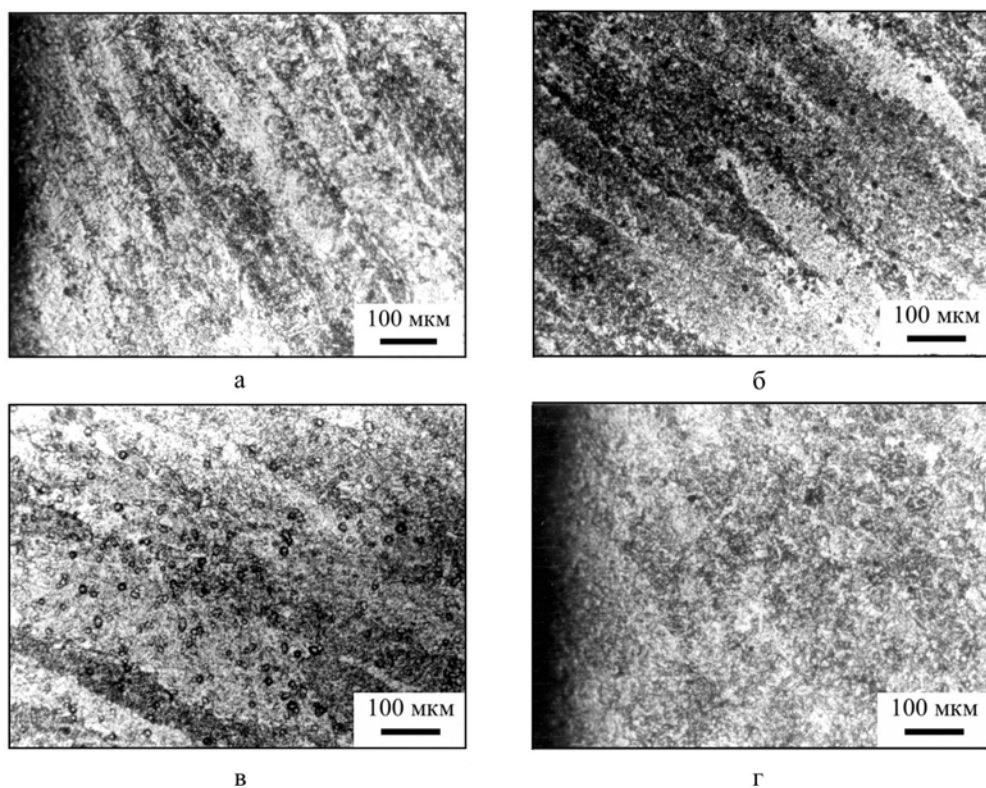


Рис. 2. Мікроструктури наплавленого шару (а – в) та зони сплавлення двох шарів (г). а – область орієнтованих стовпчастих кристалітів, б – область розгалужених кристалітів, в – область вузьких стовпчастих кристалітів.

В структурі основного металу чітко виявляється зона термічного впливу (зона 4, рис. 1), яку умовно можна поділити на три частини. В зоні, що примикає до наплавленого металу (зона 3, рис. 1), сформувались зерна розміром 50 – 60 мкм, які спрямовані в тіло основного металу на 200 – 250 мкм (рис. 3 а, показано стрілкою). Далі по глибині спостерігається область однорідних зерен завширшки 1,5 – 1,6 мм із середнім діаметром зерна 15 мкм (рис. 3 а), за якою виявлено область дрібних зерен протяжністю 1,0 – 1,2 мм (рис. 3 б), середній діаметр яких складає приблизно 10 мкм. Зерна металу поза зоною термічного впливу змінюються в межах 12 – 40 мкм, їх середній діаметр складає 21 мкм (рис. 3 в).

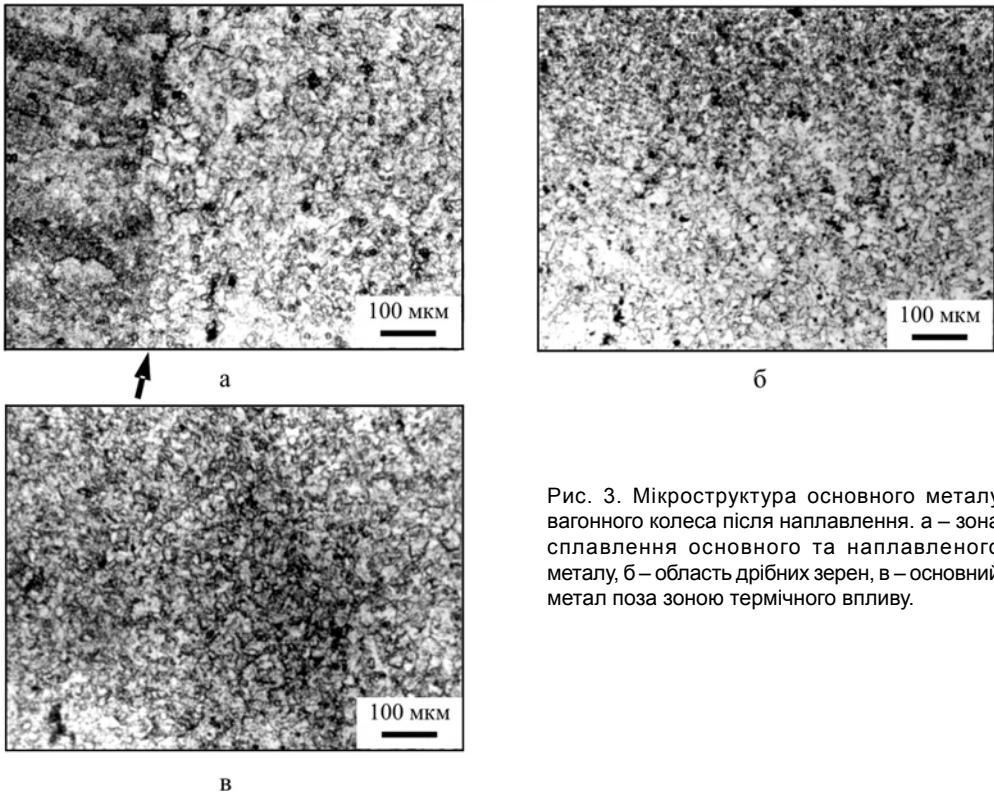


Рис. 3. Мікроструктура основного металу вагонного колеса після наплавлення. а – зона сплавлення основного та наплавленого металу, б – область дрібних зерен, в – основний метал поза зоною термічного впливу.

Випробування на зношування (рис. 4) показали, що зносостійкість зон 3 та 4 суттєво не відрізняється від зносостійкості основного металу і знаходиться в межах похибки проведеного експерименту. Зношування наплавленого металу є значно вищим, ніж у основного, що пов'язано із меншою його твердістю та більшою забрудненістю неметалевими включеннями. Середня зносостійкість зразків зони 1 вища, ніж зразків, що були отримані із зони 2.

Дослідження зносостійкості наплавлених шарів з орієнтованими кристалітами, спрямованими перпендикулярно до поверхні тертя показало, що їх зношування змінюється за глибиною (рис. 5). Його мінімальне значення спостерігається на поверхні зразків та в місці сплавлення з основним металом, а максимальне – на віддалі 2,5 – 3,5 мм від поверхні, залишаючись менше від зношування сплавлення зони двох шарів (рис. 2).

Аналіз дисперсності первинних кристалітів (рис. 5), розрахованої за методикою [3], показав, що максимальне її значення має приповерхнева структура (рис. 2 а). З віддаленням від поверхні дисперсність сягає мінімального значення для зони розгалужених кристалітів

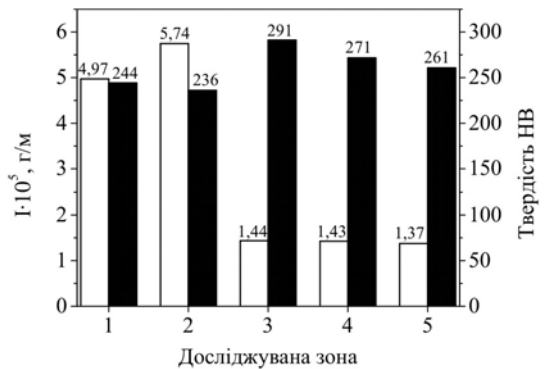


Рис. 4. Середнє зношування I та твердість зразків, вирізаних із різних зон вагонного колеса після наплавлення. 1 – наплавлений шар, 2 – зона сплавлення двох шарів, 3 – зона сплавлення основного та наплавленого металів, 4 – зона термічного впливу, 5 – основний метал. I – □, НВ – ■.

(рис. 2 б) і збільшується при наближенні до зони сплавлення з основним металом (рис. 3 а). Як видно з рис. 5, стійкість до зношування зони з орієнтованою структурою знаходиться в прямій залежності від дисперсності первинних кристалітів.

Склерометричні дослідження [2] зон 1 і 2 (рис. 6) показали, що середнє значення мікротвердості  $H_{\text{ісер}}$  цих зон, як і твердості, відрізняються несуттєво.

Водночас максимальні та мінімальні значення мікротвердості зони сплавлення двох шарів з дезорієнтованою однорідною структурою (рис. 6 б) відрізняються лише на 30 %. На відміну від цього максимальні та мінімальні значення мікротвердості зони зі спрямованими кристалітами (рис. 6 а) різняться майже вдвічі. При цьому відстань між мінімумами співпадає з центрами осей первинних кристалітів структури (світлі ділянки на рис. 2 а – в), а між максимумами – з центрами міжосних ділянок.

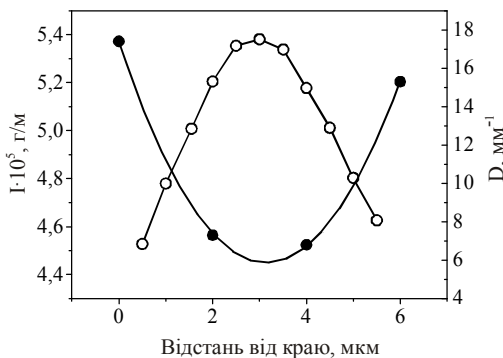


Рис. 5. Зміна зношування I (○) та дисперсності первинних кристалітів D (●) за глибиною наплавлених шарів з орієнтованими кристалітами.

Отже поверхня тертя, перпендикулярна до осей первинних кристалітів наплавленого металу, на відміну від поверхні зони сплавлення двох шарів, має неоднорідну за механічними характеристиками будову. Розмірні характеристики такої неоднорідності визначаються дисперсністю наплавленої структури.

Таким чином формування в наплавленому шарі гетерогенної за механічними характеристиками орієнтованої структури приводить до зменшення майже на 30 % її зношування порівняно із гомогенною.

Збільшення дисперсності структури первинних кристалітів при збереженні їх орієнтації перпендикулярно до поверхні контактної взаємодії наближує структуру до вимог оптимальної схеми механічної взаємодії при терті [4], сприяє підвищенню зносостійкості наплавленого металу.

Визначальну роль у формуванні необхідної для підвищення зносостійкості металу структури відіграють умови кристалізації, що

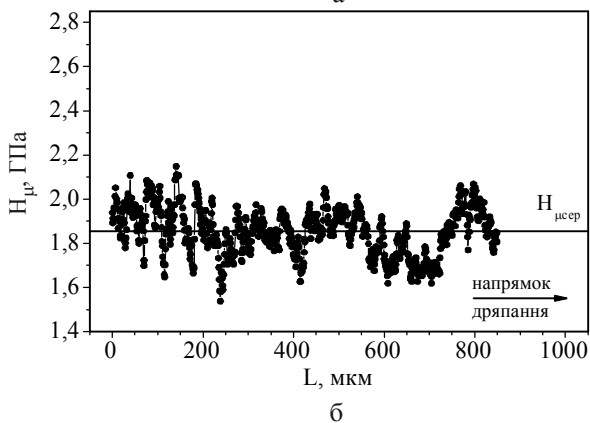
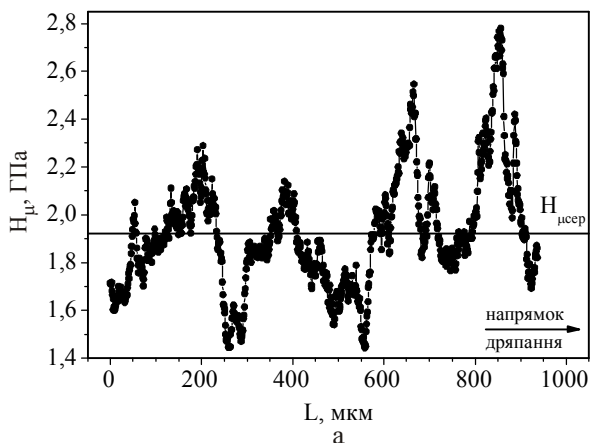


Рис. 6. Зміна мікротвердості  $H_{\mu}$  вздовж подряпини, спрямованої перпендикулярно до осей кристалітів зони 1 (а) та зони 2 (б).

забезпечують чергування первинних феритних кристалітів та міжосних ділянок з підвищеним вмістом вуглецю.

### Література

1. Техническое обслуживание и ремонт колесных пар // Железные дороги мира. – 2009. – № 9.
2. ГОСТ 21318-82. Изменение микротвердости царапанием алмазными наконечниками. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 24 с.
3. Салтыков С.А. Стереометрическая металлография. – М.: Металлургия, 1976. – 273 с.
4. Волосевич П.Ю., Беспалов С.А. О концептуальных основах и закономерностях реализации сухого трения // Металлофизика и новейшие технологии. – 2002. – 24, № 11. – С. 1573 – 1584.

Одержано 26.08.09

**С.А. Беспалов**

### **Структура и износостойкость восстановленного гребня вагонного колеса**

#### **Резюме**

Изучены особенности структуры наплавленного слоя цельнокатаного вагонного колеса, восстановленного методом электродуговой наплавки под флюсом. Выявлено влияние дисперсности первичных кристаллитов на износ литой структуры.

**S.A. Bepalov**

### **Structure and wear resistance of retailed wagon wheel flange**

#### **Summary**

Structural features of built-up layer of wheel flange after building-up by electroarc welding under flux are studied. Influence of primary crystallites dispersity on wear resistance of cast structure is shown.