

УДК 621.791.92:669.018.25

В. В. ПЕРЕМІТЬКО¹, В. Д. КУЗНЕЦОВ²

¹Дніпродзержинський державний технічний університет, Україна

²Національний технічний університет України «КПІ», Україна

УРАХУВАННЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ АБРАЗИВУ ПРИ ВІДНОВНОМУ НАПЛАВЛЕННІ ДЕТАЛЕЙ ХОДОВОЇ ЧАСТИНИ ГУСЕНИЧНИХ МАШИН

Показано, що вибір складу металу для відновлення деталей ходової частини повинен виконуватися з урахуванням гранулометричного складу абразивного середовища. Приведені результати дослідження зношування зразків, наплавлених з додаванням порошкових матеріалів та накладанням зовнішнього магнітного поля. Наведені значення оптимальної твердості та хімічний склад матеріалу наплавки, що рекомендуються для подовження терміну експлуатації деталей.

Ключові слова: абразивне зношування, різнодисперсні частинки, зносостійкість, наплавлені шари, твердість.

Вступ. Ходова частина гусеничного рушія – металомістка та дорога складова машин. Вона має велику кількість однакових деталей, зокрема опірні котки, підтримувальні ролики, ланки гусеничного полотна тощо. Ці деталі працюють у надзвичайно важких умовах: високі питомі навантаження, обмежене або повна відсутність змащування, присутність абразивного та агресивного середовищ, низькі температури у зимовий період [1]. У результаті контактні пари, інтенсивно зношуючись, втрачають велику кількість металу. Зношення деяких поверхонь сягає 3...10 мм, а втрати маси – 30...40 %.

Не дивлячись на великий обсяг наплавлюваних деталей ходової частини дорожніх машин, у технічній літературі та на ремонтних підприємствах відсутній єдиний напрямок у технології їх відновлення [2]. Вибір наплавних матеріалів виконується, у більшості випадків, виходячи з твердості металу, що наноситься, та без достатнього обґрунтування обраного варіанту з точки зору оптимальної зносостійкості пари тертя, без урахування впливу механічних властивостей, структури та фазового складу напавленої поверхні на зношення кожної з контактуючих поверхонь.

Стандартом ДСТУ EN 14700 на зварювальні матеріали для напавлення деталей, що працюють в умовах абразивного зношування, регламентується використання сплаву Feб наступного хімічного складу: С % ≤ 2,5; Cr % ≤ 10; Mn % ≤ 3,0; Mo % ≤ 3,0; Nb % ≤ 10,0 та структурою мартенситу з карбідами [3].

Подані дані, проте, зумовлюють можливість варіювання складом та властивостями напавленого металу в досить широкому діапазоні, що не може не позначитися на ефективності опірності поверхонь зношуванню. У зв'язку з цим, потрібна конкретизація характеристик поверхневих шарів стосовно певних умов експлуатації деталей [4].

Мета роботи – визначення оптимальних характеристик поверхневого шару контактуючих деталей в залежності від гранулометричного складу абразивного потоку для підвищення терміну експлуатації деталей ходової частини.

Матеріали та методики досліджень. Для реалізації поставленої мети було проведено лабораторні випробування зразків зі сталі 35Х. Зношення визначали

за відношенням до зразка зі сталі 45 діаметром 45 мм та товщиною 10 мм, прийнятого за еталон більшістю дослідників.

Виконували дугове наплавлення дротами Св-08А, Св-08Г2С, Нп-30ХГСА та Нп-65 під сумішшю флюсів. У частині сумішей у вигляді порошку були присутні феробор та ферохром вуглецевий по 2,8...3,2%, іншу складові: суміш 1 – 22 % флюсу АНК-18 та 72 % АН-348А; суміш 2 – 47 % флюсу АНК-18 та 47 % АН-348А; суміш 3 – 72 % флюсу АНК-18 та 22 % АН-348А.

Наплавлення зразків проводили на універсальній установці УД-209 УХЛ4 дротом діаметром 3 мм на постійному струмі зворотної полярності при силі зварювального струму 400 А, напрузі на дузі 32...36 В, швидкості подавання дроту 160 м/год., кроці наплавлення 6...8 мм та швидкості наплавлення 12...16 м/год.

Розглядалася також можливість додаткового керування властивостями наплавлених шарів за рахунок подавання дисперсних матеріалів у зварювальну ванну. Для цього використовувалися порошки Al_2O_3 , карбіду кремнію SiC, карбіду бора B_4C , карбонітриду титану TiCN та оксиду кремнію SiO_2 з розміром частинок не більше 100 мкм. Для створення можливості окремого подавання порошкового присадкового матеріалу на зварювальну дугу накладалося повздовжнє магнітне поле, позитивний ефект від використання якого досить відомий [5,6]. Під час накладання зовнішніх магнітних впливів у межах 30...50 мТ досягалося збільшення розмірів зварювальної ванни на 15...20 мм. Це дозволило подавати дисперсний матеріал зі зміщенням від осі дуги на 4...6 мм.

Визначення твердості виконували на твердомірі ТК-2.

Випробування на зношування за схемою «ролик-площина» виконували на машині МІ-1М з наближенням лабораторних умов до реальних, з урахуванням специфіки експлуатації дорожніх машин. Абразивом виступав кварцовий пісок, який по фракціях різного гранулометричного складу подавався через лійку, з можливістю регулювання витрати.

При випробуванні на тертя ковзання застосовували зразки розміром $10 \times 10 \times 50$ мм, а на тертя кочення – зразки діаметром 45 мм і товщиною 10 мм.

Зразки зважували до та після випробувань, які тривали протягом 2 год, на точних лабораторних вагах із похибкою 0,0001 г. За масове зношення приймали різницю значень маси зразка до та після випробувань.

Аналіз структур проводили за стандартними методиками оптичної металографії.

Основний зміст і результати роботи. Додавання порошкових матеріалів при наплавленні дало можливість зафіксувати мартенситну фазу, яка складає від 15 до 30 %, а також збільшити присутність Сг до 3,18 % та В до 0,4 % (див.табл. 1).

У результаті металографічних досліджень наплавленого металу виявлено дрібну структуру – бал зерна наплавленого металу складає 10...12 проти 6...8 початкових. Це пояснюється впливом магнітної індукції та присутністю нерозплавлених частинок порошкового матеріалу, які достатньо рівномірно розподілені у наплавленому металі (див. рис. 1, 2).

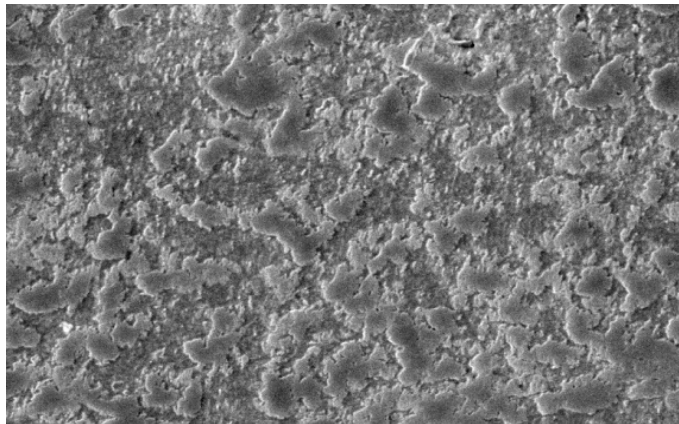
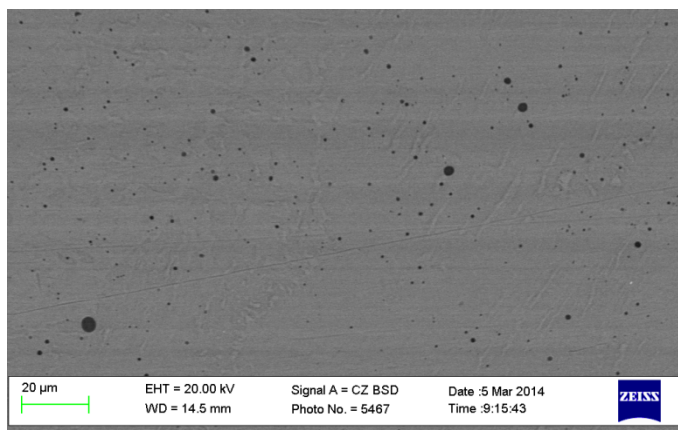
Мікроструктура металу, наплавленого без введення феробору та ферохрому, має загальні морфологічні особливості. Вона представляє собою доевтектоїдний ферит по межах бувших аустенітних зерен та перліт, феритно-цементитна суміш якого утворюється при температурах нижче критичних.

Внаслідок інтенсивного перемішування при накладанні магнітного поля перлітно – феритні зерна мають розорієнтовану направленість.

Таблиця 1

Хімічний склад та твердість наплавленого металу

Флюс	Склад елементів у мас. %								HV
	C	Mn	Si	Cr	Ni	B	S	P	
Дріт Св-08Г2С									
АН-348А	0,06	2,11	0,93	0,038	0,07	0,23	0,022	0,062	183
Суміш 1	0,12	2,37	0,77	0,7	0,13	0,29	0,015	0,04	238
Суміш 2	0,17	2,35	0,63	1,49	0,09	0,36	0,018	0,039	294
Суміш 3	0,22	3,14	0,6	1,57	0,13	0,42	0,012	0,029	396
АНК-18	0,37	2,88	0,39	3,18	0,11	0,47	0,014	0,046	497
Дріт Нп-65									
АН-348А	0,34	1,22	0,59	0,05	0,08	0,21	0,028	0,03	237
Суміш 1	0,29	2,04	0,48	0,98	0,07	0,25	0,029	0,045	252
Суміш 2	0,29	1,87	0,37	1,19	0,07	0,32	0,025	0,042	346
Суміш 3	0,43	2,09	0,28	1,57	0,12	0,38	0,021	0,029	447
АНК-18	0,63	1,20	0,29	2,57	0,8	0,42	0,021	0,022	628

Рис. 1. Структура наплавленого металу, $\times 1000$ Рис. 2. Розподіл частинок внесеного SiO_2 у наплавленому шарі

Для встановлення повної картини впливу абразиву на зносостійкість наплавлених шарів було проведено ряд експериментів, результати яких представлені у табл. 2.

Таблиця 2

Результати експериментальних випробувань

№ наплавленого складу	Фактори		Відгук
	Частка флюсу АНК-18, $g, \%$	Розмір зерен абразиву, $f, \text{мм}$	Втрата маси, g
1	0,25	0,292	0,851
2	0,75	0,292	0,376
3	0,25	0,707	0,978
4	0,75	0,707	0,718
5	1,0	0,499	0,705
6	0,003	0,499	2,832
7	0,5	1	0,317
8	0,5	0	0,046
9	0,5	0,499	0,96
10	0,5	0,499	0,96
11	0,5	0,499	0,95
12	0,5	0,499	0,95
13	0,5	0,499	0,97

Обробку отриманих даних виконували за допомогою пакету STATISTICA 6.0.

Розглянемо залежність зношення наплавленого металу від частки керамічного флюсу АНК-18 у суміші з плавленим флюсом АН-349А та гранулометричного складу фракцій абразиву.

Мінімальний рівень зношення спостерігається при використанні під час наплавлення частки флюсу АНК-18 у суміші від 50 до 100%, якщо розмір фракції абразиву знаходиться у межах 0,01...0,15 мм. Це пояснюється збільшенням твердості, а також невеликим розміром частинок.

Максимальний рівень зношення отримано при збільшенні розміру переважаючої фракції абразиву з 0,15 до 0,9 мм та використанні при наплавленні частки флюсу АНК-18 у суміші від 0 до 20 %. За таких розмірів абразивних зерен оптимальним буде збільшення частки керамічного флюсу до 60...90 %.

Якщо гранулометричний склад фракції абразиву складає від 1,0 до 1,2 мм, рівень зношення зменшується шляхом використання при наплавленні дещо меншої частки флюсу АНК-18 у суміші (40...95 %).

Математично залежність зношення Δm від гранулометричного складу абразиву f та частки g флюсу АНК-18 у суміші можна виразити через рівняння:

$$\Delta m = 1,8131 + 2,8652 \cdot f - 5,2291 \cdot g - 3,0439 \cdot f^2 + 1,0478 \cdot f \cdot g + 2,9687 \cdot g^2$$

Перевірку значності коефіцієнтів регресії виконували за допомогою t -критерію Стюдента. Остаточна дисперсія або дисперсія адекватності, характеризується розсіюванням емпіричних значень відносно розрахункових, визначених за знайденим рівнянням регресії. Коефіцієнт є значимим, якщо $t_p > t_r$.

Середній показник t_p для визначеної моделі склав 6,9870. Відповідне табличне значення $t_r = 4,303$. Тобто, коефіцієнти регресії значимі, а модель адекватна.

Встановлено, що абразивні частинки різного розміру впливають на зношування індивідуально. Механізм руйнування залежить від співвідношення твердості матеріалу деталі та частинок абразиву. За умови подібності форми абразивних частинок вплив на зношування більш дрібних частинок визначається ступенем подрібнення більших. При суттєвому подрібненні більшої частинки ступень зношення від дрібніших частинок зростає та навпаки. Пропонуються значення оптимальної твердості поверхні деталей контактної пари «коток–ланка» для різного співвідношення двох переважаючих фракцій абразиву (див. табл. 3).

Таблиця 3

Вибір твердості HV у залежності від співвідношення різних фракцій абразиву

Гранулометричний склад ($X + Y$), мм	Співвідношення фракцій				
	$X\% \geq 75\%$	$75\% + 25\%$	$50\% + 50\%$	$25\% + 75\%$	$X\% \leq 75\%$
0,315 + 0,4	285	305	320	344	364
0,315 + 0,63	285	312	340	367	395
0,315 + 1,0	285	321	360	397	435
0,4 + 0,63	364	371	380	387	395
0,4 + 1,0	364	381	400	417	435
0,63 + 1,0	395	404	415	424	435

Запропонована твердість наплавленого шару визначалася з умови зносостійкості контр тіла (ланки) і можливості експлуатації відновлених деталей без механічної обробки.

Як показали промислові випробування, термін служби котків, відновлених за запропонованою технологією, зазначеними матеріалами та з урахуванням гранулометричного складу ґрунтів, зростає у 1,8...2,0 рази [4].

Висновки:

1. При контактуванні з поверхнею деталі абразиву, гранулометричний склад якого складає 0,01...0,3мм, для зменшення рівня зношування рекомендується при наплавленні використовувати частку керамічного флюсу АНК-18 у суміші з АН-348А від 25%, при розмірі 0,3...0,8 мм – частку 60...90 %, а 0,8...1,2 – 30...40 % відповідно.

Отримано регресійну залежність, що пов'язує зношення Δt з гранулометричним складом абразиву f та часткою g флюсу АНК-18 у суміші.

2. Додаткове подавання при наплавленні порошкових феросплавів дає можливість зафіксувати мартенситну фазу в межах 15...30 % та збільшити частку хрому до 3,18 % та бора до 0,4 %, максимально наближаючись до складу наплавков, рекомендованих стандартом EN 14700:2008.

3. При переважанні дрібного (0,01...0,3 мм) абразиву доцільно використовувати наплавлений метал, що містить 0,17 % С; 2,35 % Mn; 0,63 % Si; 1,49 % Cr; 0,09 % Ni. У разі збільшення розмірів частинок до (0,3...0,8 мм) рекомендується поверхневий шар більш легований, а при досяганні абразивом

розміру (0,8...1,2 мм) – навпаки, більш пластичний (0,22 % С; 2,09 % Mn; 0,6 % Si; 1,57 % Cr; 0,13 % Ni).

Пропонуються значення твердості наплавлених шарів, які, за умови урахування гранулометричного складу абразивного середовища, здатні збільшити термін служби деталей у 1,8...2,2 рази.

Список літератури

1. Рейш А. К. Повышение износостойкости строительных и дорожных машин / А. К. Рейш. – М.: Машиностроение, 1986. – 184 с.
2. Ластовирия В. Н. Технология и оборудование для восстановления деталей гусеничного хода машин дуговой наплавкой под флюсом / Ластовирия В. Н., Новиков В. В., Толочков П. Д. // Сварщик. - 2010. - №4. - С.26-29.
3. Рябцев И. А. Гармонизация стандартов на наплавочные материалы в соответствии с требованиями европейского стандарта EN 14700 «Сварочные материалы – Сварочные материалы для наплавки» / И. А. Рябцев, Н. А. Проценко// Сварщик, 2007. - №6 (67). - С.30-36.
4. Дворук В. И. Научные основы повышения абразивной износостойкости деталей машин / В. И. Дворук. - К.: КМУГА, 1997. - 101 с.
5. Рижов Р. М. Магнітне керування якістю зварних з'єднань / Р. М. Рижов, В. Д. Кузнецов. - К.: Екотехнологія, 2010. - 288 с.
6. Размышляев А. Д. Магнитное управление формированием валиков и швов при дуговой наплавке и сварке: [монография] / А. Д. Размышляев, М. В. Миронова. - Мариуполь: ПГТУ, 2009. – 196 с.

Стаття надійшла до редакції 05.06.2014

V. V. PEREMITKO, V. D. KUZNETSOV

CALCULATION OF GRANULOMETRIC COMPOSITION OF ABRASIVE UNDER REDUCING SURFACING OF CHASSIS PARTS OF TRACKED VEHICLES

It is shown that the choice of metal for restoration of chassis parts should be carried out taking into consideration the granulometric composition of the abrasive medium. Experimental studies revealed the grain refinement of buildups caused by the influence of external magnetic field and the implementation of the particulate material. Wear test conducted with the filing as an abrasive the quartz sand fixed by fractions composition, determined the dependence of the sample mass loss from the hardness and chemical composition of the surface layers. With the size incensement of the dominant sand fraction up to 0.9 mm it is recommended to increase the hardness and degree of doping respectively (up to HV 550...500), under the values 1.0...1.2 mm - on the contrary, to decrease (up to HV 350...300). The values of the optimum hardness and chemical composition of the surfacing material that are recommended for longer life parts are given.

Keywords: abrasive wear, dispersed particles, wear resistance, welded layers, hardness.

Перемітько Валерій Вікторович – канд. техн. наук, доцент кафедри технології та устаткування зварювання, декан металургійного факультету, Дніпродзержинський державний технічний університет, м. Дніпродзержинськ, Україна, welding@dstu.dp.ua, тел.: +38 0569 55 18 91.

Кузнецов Валерій Дмитрович – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри інженерії поверхні, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна, v.kuznetsov@kpi.ua.