

УДК 621.891.23

Попов С.М.¹, Гребешков М.О.²

¹ проф., НУ «Запорізька політехніка»

² асп., НУ «Запорізька політехніка»

АНАЛІЗ МАТЕРІАЛОЗНАВЧИХ ПАРАМЕТРІВ БОРИДІВ ТИТАНУ В УМОВАХ ТРИБОЛОГІЧНИХ СПРЯЖЕНЬ ПРИ КОВЗАЮЧІЙ ВЗАЄМОДІЇ

Зношування деталей у важких умовах експлуатації є однією з головних причин виходу з ладу машинобудівного обладнання. Особливо це стосується робочих деталей техніки яка експлуатується в умовах високо-абразивного зношування, де вузли ходової частини працюють під дією великих навантажень і абразивного середовища з мікротвердістю 8-16 ГПа: пісок (кварцовий пісок), SiO_2 – 10-11 ГПа, глинозем (оксид алюмінію), Al_2O_3 – 15-16 ГПа, діабаз – 8-10 ГПа, граніт – 8-10 ГПа. Відомо, що в повільно-рухомих сильно навантажених машинах інтенсивно проявляється адгезійний знос через тертя ковзання – при високих контактних тисках та розігріві поверхні може відбуватися мікрозварювання нерівностей і зрив їх при подальшому рухові. Окрім адгезійного зносу, значну частку становить абразивний знос: тверді частинки абразивного середовища чи пилу, що потрапляють між тертьовими поверхнями, діють як контр тіла. Прискорене руйнування робочих поверхонь механізмів призводить до значного здорожчання обслуговування, простоїв та небезпеки аварій, тому підвищення зносостійкості матеріалів є нагальною науковою проблемою.

За оцінками науковців, до 75-85% усіх випадків зносу в машинних агрегатах обумовлено трибодією з твердими частинками (трюхтільний абразивний знос). Одним із перспективних шляхів вирішення цієї проблеми є застосування твердих наплавлювальних сплавів, у структурі яких присутні тверді надлишкові вкраплення. Диборид титану TiB_2 вирізняється надзвичайно високою твердістю (близько 30-33 ГПа), високою температурою плавлення $\sim 3225^\circ\text{C}$, низьким коефіцієнтом теплового розширення та високим модулем пружності (~ 530 ГПа). Завдяки такому поєднанню властивостей TiB_2 вже знаходить застосування як компонент броні, різального інструменту та зносостійких покриттів. Таким чином, матеріали з використанням дрібнодисперсних часток TiB_2 та боридів титану становлять значну зацікавленість для вузлів, що працюють у умовах інтенсивного тертя та абразивного зношування. Як показали дослідження TiB_2 є крихким і важко піддається спіканню через міцні ковалентні зв'язки та оксидні плівки (B_2O_3 , TiO_2) на його частинках. Тому сучасні дослідження спрямовані на створення композитів і покриттів, де TiB і TiB_2 поєднуються з іншими фазами, щоб підвищити загальну тріщиностійкість і полегшити отримання щільного матеріалу. Наприклад, у твердо-сплавних композиціях з використанням бориду титану показано, що додавання TiB_2 як зміцнювальної фази суттєво підвищує зносостійкість алюмінієвих сплавів порівняно з чистим

металом. Так само в керамічних композитах типу $\text{V}_4\text{C}-\text{TiB}_2$ збільшення вмісту фази TiB_2 веде до зростання твердості і ударної в'язкості матеріалу, що прямо корелює з підвищенням його зносостійкості. Отже, актуальність даного дослідження зумовлена потребою глибше вивчити механізми зношування матеріалів з застосуванням TiB_2 та розробити методики швидкого оцінювання їх зносостійкості для впровадження у важке машинобудування.

Покриття формували методом ручної дугової наплавки (ММА) з використанням неплавкого вольфрамового електрода в середовищі аргону. Як присадний матеріал застосовано експериментальний плоский електрод, виготовлений з тонкої металевої фольги (сталь) з заповненням всередині порошковою сумішшю. Склад порошоків (масова частка): хром 6–14 %, титановий порошок 10–18 %, карбід бору V_4C – решта (приблизно 70–84 %). Фольгу згортали у стрічку (в перерізі 3–3.5 мм * 10–12 мм), рівномірно розміщуючи всередині суміш порошоків, після чого краї стрічки обтискали для утримання заповнювача. Під час наплавлення стрічковий електрод вручну подавався. Електричний режим наплавлення підбирається таким чином, щоб забезпечити повне розплавлення присадного матеріалу для отримання незначної зони сплавлення з основним металом, але уникнути надмірного вигорання бору і вуглецю. Наплавлення виконували на пластини зі сталі (вуглецева конструкційна сталь 45 або аналог) розміром, наприклад, 50×100×10 мм. Для покращення змочування і мінімізації тріщиноутворення наплавлений шар охолоджувався разом із зразком (повільне охолодження на повітрі).

В процесі наплавлення відбувається реакційна взаємодія компонентів присадки з утворенням твердих боридів та карбідів. Зокрема, титановий порошок активно реагує з карбідом бору: можливі реакції типу $\text{Ti} + \text{V}_4\text{C} \rightarrow \text{TiB}_2 + \text{TiC}$ (за достатнього вмісту Ti) або $3\text{Ti} + \text{V}_4\text{C} \rightarrow 2\text{TiB}_2 + \text{TiC}$ та інші варіації. В результаті у розплавленому наплавленому металі кристалізуються частинки TiB_2 і TiC . За рахунок розчинення частини бору і вуглецю в розплаві можливе утворення боридів і карбідів на основі заліза та хрому. Очікується, що основними фазами наплавленого шару будуть: тверда фаза TiB_2 (дуже висока твердість ~30 ГПа, структура AlB_2), можливо TiC (твердість ~19–21 ГПа), а матриця – із залишкового металевого розплаву (залізо-хромова основа, легована Ti і V).