УДК 621. 791.92:539.538

Осіпов М.Ю., канд. техн. наук, доцент
Капустян О.Є., канд. техн. наук, доцент
Гурський Ю.О., аспірант
Національний університет «Запорізька політехніка», mosipov61@ukr.net

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ ВИПРОБУВАНЬ НА ВЛАСТИВОСТІ ЗНОСОСТІЙКИХ МАТЕРІАЛІВ

Абразивне зношування деталей в багатьох випадках відбувається при підвищених температурах, що виникають або в результаті фрикційного нагріву, тобто від дії сил тертя, або внаслідок перетворення нагрітих матеріалів. Зокрема, деталі змішувального обладнання можуть нагріватися до температур 500–550 °С. Тому під час вибору чи розробки зносостійких матеріалів слід враховувати дію цього чинника.

Відомо [1], що підвищення опірності зношуванню найчастіше досягають шляхом оптимізації хімічного та фазового складу металевої матриці та фаз, що зміцнюють. В умовах абразивного зношування при температурах близьких до кімнатних найбільша зносостійкість металевої матриці досягається за наявності в ній великої кількості високовуглецевого метастабільного аустеніту, який в процесі взаємодії з абразивними частинками перетворюється в мартенсит деформації.

Разом з тим в літературі недостатньо відомостей про чутливість аустеніту до утворення мартенситу деформації у процесі абразивного зношування за підвищених температур. Тому вивчення закономірностей впливу температури на основні вихідні властивості матеріалів та ступінь зміцнення поверхневого шару є актуальним питанням.

З вихідних властивостей найбільш значущою є твердість. Нелеговані та низьколеговані сталі різко втрачають твердість вже за температур 200-250 °С [2]. Найбільшою гарячою твердістю характеризуються швидкорізальні інструментальні сталі типу Р18. Однак через високий рівень легування коштовними вольфрамом, молібденом, кобальтом використання цих матеріалів для зміцнення деталей змішувального обладнання є економічно недоцільним.

Проміжну між низьколегованими й швидкорізальними сталями стійкість до підвищених температур мають високохромисті напівтеплостійкі інструментальні сталі. Вони добре себе зарекомендували під час роботи у метастабільному стані, але не за високих температур. Випробування сталей цієї групи, наприклад, сталі 140Х12 зі структурою, що містить близько 75 % метастабільного аустеніту, показали, що з підвищенням температури істотно падає гаряча твердість і мікротвердість поверхні тертя. Після охолодження з температур 500-550 °С твердість дещо підвищується, проте позитивного впливу на зносостійкість це не дає. Такий характер зміни твердості поверхні тертя з підвищенням температури, очевидно, пов'язаний з наступним. На початку при кімнатних температурах висока мікротвердість та зносостійкість сплаву з залишковим аустенітом досягаються внаслідок глибоких деформаційних γ-α-перетворень. Однак з підвищенням температури випробувань інтенсивність γ-α-перетворень та зміцнення поверхні тертя знижується, що призводить до зростання інтенсивності зношування. Це пов’язано зі стабілізацією аустеніту, оскільки для початку утворення мартенситу необхідна різниця вільних енергій, яка перевищує витрати на пружну деформацію та утворення кордонів розділу. З підвищенням температури зношування ця різниця знижується і стійкість аустеніту зростає. Так, якщо в процесі випробувань при кімнатній температурі сталі 140Х12 ($T_{зак} = 1170$ °С), аустеніт майже повністю перетворюється на мартенсит деформації (з 75 % γ-фази залишається тільки 14 %), то при 450 °С, коли ще не почався розпад аустеніту від власне нагрівання, лише близько 20 % аустеніту зазнає деформаційні γ-α- перетворення. В результаті зниження

мікротвердості поверхні тертя $H_{мпт}$ відбувається безперервне збільшення відношення $H_а/H_{мпт}$ (де $H_а \cong 12{,}3$ ГПа – твердість абразиву, в нашому випадку – вогнетривкий шамот) – див. рис. 1. Це призводить до зміни механізму зношування від полідефомаційного до прямого різання і зносостійкість падає більш ніж на порядок. З подальшим підвищенням температури зношування відбувається розпад аустеніту і при охолодженні від 550 °С він повністю перетворюється на ферито-карбідну суміш.

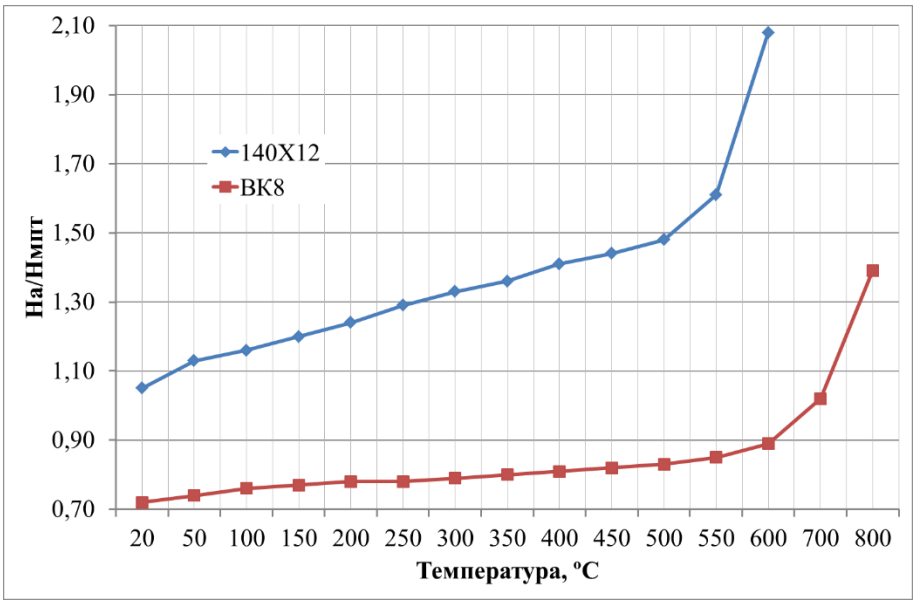

Рис. 1 – Залежність відношення $H_а/H_{мпт}$ від температури;
$H_а \cong 12{,}3$ ГПа – вогнетривкий шамот

Таким чином, в інтервалі температур 450-550 °С у високохромистих напівтеплостійких інструментальних сталях типу 140Х12 превалюючими виявляються дифузійні процеси, що призводять до різкого збільшення інтенсивності зношування. Тому використання сталей з метастабільним аустенітом в якості зносостійких при температурах 450-550 °С не ефективно.

Розрахунки на основі відомих даних про гарячу твердість твердих сплавів типу ВК показали, що відношення $H_а/H_{мпт}$ до робочих температур і навіть вище знаходиться на досить високому рівні (рис.), що дозволяє очікувати на високий рівень зносостійкості. Однак сучасні високі ціни на ці матеріали не забезпечують достатню економічну доцільність використання цих сплавів для деталей змішувального обладнання.

У зв'язку з цим, пошук необхідних матеріалів для таких умов зношування слід вести серед наплавочних сплавів, що включають велику кількість евтектичних і заевтектичних карбідів і карбоборидів. Роль металевої матриці при цьому другорядна. Вона повинна забезпечити надійне утримання фази, що зміцнює. Аналіз літератури показав, що такі сплави крім традиційного високого легування хромом і вуглецем повинні містити до 3 % бору та кремнію кожного. Надмірні карбідні фази навіть при температурах нагріву понад 550 °С є дуже термостабільними та не зазнають суттєвих змін.

Таким чином, для визначення та уточнення оптимального легування зносостійких наплавочних сплавів, що працюють в умовах інтенсивного абразивного зношування при підвищених до 550 °С, необхідно проведення додаткових досліджень.

Список посилань

1. Дворук В.І. Абразивна зносостійкість та структура легованих сталей / В.І. Дворук, С.С. Бєлих / Проблеми трибології (Problems of Tribology). – 2012, № 1. – С. 14-19.

2. Дворук В.І. Нові закономірності абразивної зносостійкості нелегованих сталей та сплавів / В.І. Дворук, С.С. Бєлих / Проблеми трибології (Problems of Tribology). – 2011, № 4. – С. 20-25.