

КРИТЕРІЇ ЗНОСОСТІЙКОСТІ НАПЛАВОЧНИХ СТАЛЕЙ¹⁴

Ромаєв Д.Т., магістр групи МС-55-23

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Розглянуті питання застосування розрахункових критеріїв інтенсивності зношування для прогнозування зносостійкості наплавочних сталей для відновлення інструменту гарячої обробки металів і сплавів. Показана їх придатність для оцінки зносостійкості в умовах високих температур і циклічних напружень.

Ключові слова: сталь, зносостійкість, наплавлення, критерії зносостійкості.

CRITERIA OF WEAR RESISTANCE OF SURFACING STEEL

Romaev D., master of group МС-55-23

Kharkiv National Automobile and Highway University

Abstract. The issues of application of calculated wear intensity criteria for predicting the wear resistance of surfacing steels for restoration of tools for hot processing of metals and alloys are considered. Their suitability for evaluating wear resistance under conditions of high temperatures and cyclic stresses is shown.

Keywords: steel, wear resistance, surfacing, wear resistance criteria.

Вступ

Останнім часом значно просунулися рішення контактних задач термопружності при одночасному зношуванні тіл і дії джерел тепла. Нагрівання робить істотний вплив на локальну зміну форми дотичних поверхонь тіл та структурні перетворення. При цьому істотно перерозподіляються напруження, деформації, температури, розміри вихідної області контакту, інтенсивність зношування.

Аналіз публікацій та мета досліджень

Останнім часом значно просунулися рішення контактних задач термопружності при одночасному зношуванні тіл і дії джерел тепла [1-5]. Нагрівання робить істотний вплив на локальну зміну форми дотичних поверхонь тіл та структурні перетворення. При цьому істотно перерозподіляються напруження, деформації, температури, розміри вихідної області контакту, інтенсивність зношування за період тертя.

Наплавлення зносостійкими матеріалами, основними з яких є сплави на основі заліза, розвивається найбільш інтенсивно як при виготовленні, так і при ремонті [4]. Вивченню зносостійкості матеріалів присвячене ряд робіт, у яких немає єдиної думки про вплив твердості й структури на зносостійкість.

Склад і властивості застосовуваних наплавлювальних сплавів багато в чому визначають не тільки підвищення довговічності деталей, вузлів, машин, ліній агрегатів, але і технологічність процесів їх нанесення, а також економію дефіцитних стратегічних матеріалів (вольфрам, нікель, молібден, ванадій, кобальт і інш.). З урахуванням матеріалознавчих

¹⁴ Робота виконана під керівництвом доцента Багрова В.А.

особливостей зносостійких сплавів розширюються можливості дугового наплавлення, технологічна різноманітність якого дозволяє інтенсивно розвиватися, залишаючись провідним процесом. Наплавлені зносостійкими легованими сталями і чавунами деталі здебільше експлуатуються в умовах тертя при пластичному контакті, якому відповідає втомний знос, мікрорізання (абразивний, газоабразивний знос), вплив корозії і інш.

У широкому діапазоні зміни температури, швидкості, навантаження, інтенсивність зносу в критичних точках різко змінюється [6], що обумовлює необхідність експериментальних досліджень фрикційної теплостійкості.

Незважаючи на зазначені труднощі, цінність розрахункових виразів безсумнівна, тому що їх аналіз дозволяє знаходити бажаний напрямок зміни вихідних фізико-механічних властивостей.

Метою роботи є провести аналіз розрахункових критеріїв інтенсивності зношування для прогнозування зносостійкості наплавочних сталей та показати їх придатність для оцінки зносостійкості в умовах високих температур і циклічних напружень для робочих ділянок штампового інструменту і прокатних валків, використовуваних при обробці гарячого металу.

Методи і матеріали дослідження

Взаємозв'язок розрахункової інтенсивності зношування і відносної зносостійкості мартенситноаустенітних і інструментальних сталей (50ХНМ, 08Х6Н8М7С, 40Х4Г8Т2С, 20Х3Г9М5Т2С та інш.) встановлювалася при тисках, близьких до середніх тисків на контактній поверхні при гарячій обробці сталей. Дослідження проводилися у відповідності з ГОСТ 3480-97 на машині тертя 2070 СМТ-1 за схемою «диск-колодка». Режими тертя: швидкість обертання диска $V=0,25, 0,5$ м/с, навантаження $N=25, 50, 75$ Н. Матеріал контртіла сталь 40Х термооброблена, HRC 47-49.

Результати досліджень

При приробці і сталому зносі досліджуваних сталей спостерігається окислювальний знос. При збільшенні часу тертя окислювальний знос переходить в тепловий, що супроводжується контактним захопленням і оплавленням поверхонь тертя. Найбільшу зносостійкість показала сталь 20Х3Г9М5Т2С. Зміна дислокаційної структури прикордонних областей зони тертя і старіння, що відбуваються в результаті дії підвищених температур і деформацій, є одним з основних факторів підвищення контактної міцності і мікропластичності поверхневих шарів. Крім вище перерахованих факторів, зменшення зносу можна пов'язати зі зміною адгезійної складової сили тертя, зони пластичних деформацій, впливом значної кількості і рівномірним розподілом за обсягом карбідів титану. Характер зміни коефіцієнта тертя показаний на рис. 1.

Оцінка розрахункових значень впливу температури на в'язкість руйнування за критеріями Дж. Малкіна і А.С. Тетельмана [7] для наплавочних сталей з метастабільним аустенітом показала наступне. Оскільки для умов молекулярно-механічного зношування робочих ділянок штамів коефіцієнт зносостійкості $K_u \approx K_c^2$ [8], то збільшення K_c при використанні сталей з метастабільним аустенітом змінить співвідношення

$K_u \approx J \cdot (1 - \sigma_1 \cdot \sigma_2)^2$, де J – межа тріщиностійкості, σ_1 – максимальне головне напруження в небезпечній зоні деталі; σ_2 – межа міцності. При близьких значеннях контактного тиску в парі тертя утворення тріщини критичної довжини зростає із збільшенням ефективної поверхневої енергії.

Таким чином, показники тріщиностійкості (K_C , J , δ_C), а отже, і опір зношування, вториннотвердіючих сталей і сталей з метастабільним аустенітом вище, ніж мартенситних наплавочних сталей і інструментальних.

За зносостійкістю наплавлений метал різних систем легування (С – Сr – Мп – Si–Ti , С – Сr – Мо – W – V, С – Ti – Ni) не поступається сплаву 35В9Х3Ф. Як і для малих значень ра підвищення зносостійкості сприяє легування титаном при збереженні в хромистому наплавленні вуглецю 0,35...0,40 %.

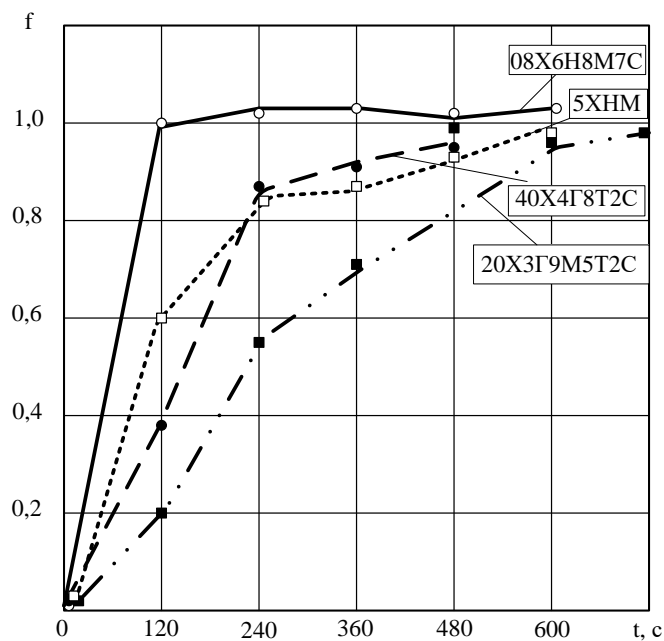


Рисунок 1 – Характер зміни коефіцієнта тертя для сталей різних структурних класів

Більш високу в порівнянні з матеріалом - еталоном 35В9Х3Ф фрикційну теплостійкість мають економнолеговані наплавочні сталі: 50X5M2ВН2Ф, 08X6H8M7C, 40X4Г8Т2С, 20X3Г9М5Т2С. Мінімальний розкид значень інтенсивності зношування характерний в діапазоні середніх і підвищених температур. Зменшення зносу при підвищенні температури 400...500 К обумовлено як зміною фізико-механічних характеристик металу контактних обсягів

Висновки

У результаті проведених лабораторних досліджень встановлено:

- час перебування металу в зоні пластичної деформації приблизно на порядок менше загальної тривалості роботи контактуючих ділянок пари тертя;
- коефіцієнт варіації показників зносу зменшується зі збільшенням частки метастабільного аустеніту у вихідній структурі наплавленого металу;
- фрикційна теплостійкість економнолегованих наплавочних сталей системи С-Сr-W-Мо-V-Ti вище аналогічної характеристики наплавленого металу типу 35В9Х3Ф..

Література

1. Study of wear of the buildingup zone of martensite-austenitic and secondary hardening steels of the Cr-Mn-Ti system / D.B. Hlushkova, V.A. Bagrov, V.A. Saenko, V.M. Volchuk, A.V.

Kalinin, N.E. Kalinina // Питання атомної науки та техніки 2023, № 2 (144). - p. 105-109. <https://doi.org/10.468413/2023-144-105>

2. Багров В.А. Вплив структури і фазового складу на зносостійкість економнолегованих метастабільних і вториннотвердіючих сталей системи Cr-Mn-Ti / В.А. Багров // Вісник ХНАДУ.-2021.-№94.- С. 136-141. <https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2021.94.0>

3. Navar, S., Paul, C.P., Jain, N.K. (2013) Causes of failure and repairing options for dies and molds: A review. *Engineering Failure Analysis*, 34, 519–535.

4. Панасюк В.В., Остап О.П. Механіка руйнування та міцність матеріалів : довідн. посіб. Т. 15: Структура матеріалів і втомна довговічність елементів конструкцій/за ред. В.В. Панасюка. Львів: СПОЛОМ, 2015. 312 с.

5. Холявко В.В. Фізичні основи міцності та руйнування [Текст]: Конспект лекцій з дисципліни для студентів напряму підготовки 6.050403 „Інженерне матеріалознавство” спеціальності 8(7).05040303 – «Композиційні та порошкові матеріали, покриття» денної та заочної форм навчання / Уклад.: В.В. Холявко. – К.: НТУУ „КПІ”, 2015. - 100 с.

6. Маборода В.С., Бобіна М.М., Лоскутова Т.В., Мініцька Н.В. Основи механіки руйнування: навч. посіб. К.: НТУУ „КПІ”, 2010. 124 с.

7. Крутій Ю.С., Сур'янінов М.Г., Шиляєв О.С. Механіка руйнування / Одеса: ОДАБА, 2018. – 100 с.

8. Shao, C., Cui, H., Lu, F., Li, Z. (2019) Quantitative relationship between weld defect characteristic and fatigue crack initiation life for high-cycle fatigue property. *Int. J. of Fatigue*, 123, 238–247.