

ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ВИСОКОАЗОТНИХ СТАЛЕЙ ПІСЛЯ НАВОДНЮВАННЯ

Фізико-механічний інститут НАН України ім. Г.В. Карпенка

Анотація. Наведено узагальнення досліджень по інтенсивності зношування високоазотних сталей які були електролітично наводнені в умовах збільшення навантаження від 200 до 600 Н. Дослідження проводили в умовах сухого тертя кочення. Пара тертя: високоазотна сталь – сталь 45. Схема тертя: ролик по ролику.

Ключові слова: зношування, тертя кочення, сухе тертя, високоазотна сталь.

Продовжено дослідження зносостійкості високоазотних сталей в умовах сухого тертя кочення за схемою ролик-ролик [1 - 3]. Зносотривкість визначали на машині тертя СМТ-1 (2070). Швидкість ковзання нижнього ролика 1480 RPM, а верхнього 1240 RPM (проковзування 15%). Нижній ролик виготовлений зі сталі 45 твердістю 55 HRC. Після гартування мав мікроструктуру мартенситу. Верхній – з високоазотних сталей: DDT 68, 52 HRC, P900, 48 HRC. Лінійна швидкість верхнього ролика 2,27 m/s, а нижнього 3,08 m/s. В умовах тертя без змащування навантаження становило 200...600 Н.

Вплив водню на тертя досліджували на зразках із високоазотної сталі, заздалегідь наводнених у 26%-му розчині сірчаної кислоти з каталізатором 5 mg/l окису арсену за сили струму 0,5 A/cm².

Концентрацію водню визначали на установці Лесо. Використовували зразки свідки розміром 55 × 10 × 5 мм.

У мікроструктурі сплавів зафіксовано аустенітну металеву матрицю мікротвердістю 4,2...5,0 GPa. Аналіз гістограм, показує, для аустенітної сталі згідно з кривою нормального розподілу середній розмір зерен для сталі DDT68 – 25 мкм, а для сталі P900 становив 43 мкм. Сталь DDT68 володіє дрібнішою мікроструктурою. Проведена статистична обробка параметрів мікроструктури.

На рис. 1 наведено стовпчасті діаграми інтенсивності зношування (I) при збільшенні навантаження (P).

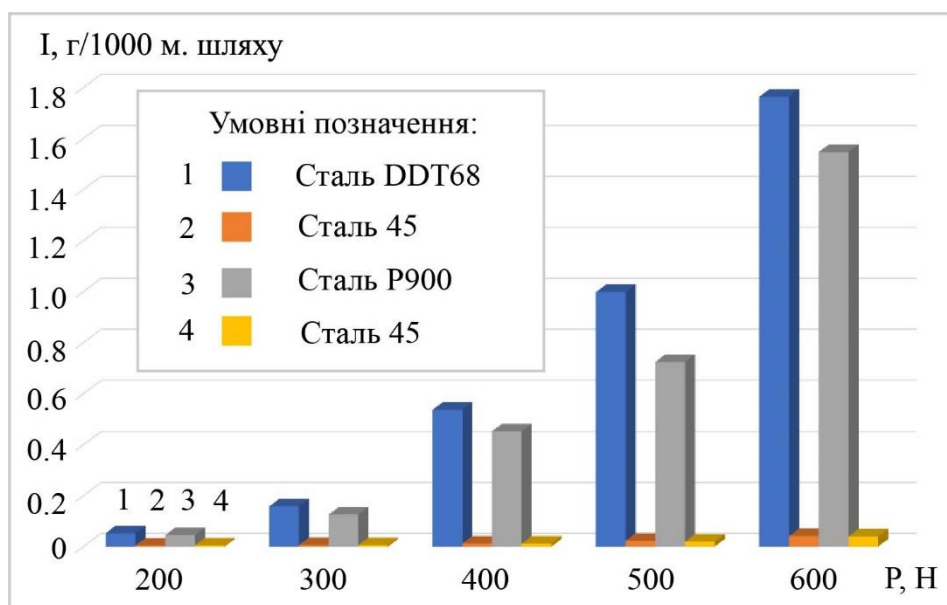


Рис. 1. Стовпчасті діаграми інтенсивності зношування (I) при збільшенні навантаження (P).

Причини меншої зносостійкості сталі DDT68 після насичення воднем:

1. *Мікроструктура (розмір зерна).*

DDT68 має менший середній розмір зерна (~25 мкм) порівняно з P900 (~43 мкм).

Дрібнозерниста структура має більшу площу міжзеренних меж, які:

є зонами акумуляції водню;

є потенційними джерелами ініціації мікротріщин при дії циклічних навантажень.

Це сприяє водневій деградації (embrittlement), особливо при терті без змащування.

2. *Механізм тертя.*

В умовах контактного сухого тертя наводнений аустеніт втрачає пластичність.

Через високу щільність дефектів у дрібнозернистій сталі DDT68 водень швидше дифундує та знижує опір дислокаційному руху, сприяючи локалізованому руйнуванню поверхні.

3. *Твердість і стабільність аустеніту.*

При наводненні твердіший сплав може втрачати пластичність ще більше, оскільки жорсткіша матриця більш «крихкіша» до розтріскування у присутності водню.

4. *Склад та легування.*

У сталі P900 дещо вищий вміст Ni (~1,18% проти ~0,13% у DDT68). Нікель сприяє стабілізації аустенітної фази й покращує стійкість до водневої крихкості.

Сталь DDT68 має вищий вміст азоту (0,97% проти 0,58% у P900) і більший вміст молібдену (2,08% проти 0,13%). Високий вміст азоту дає змогу підняти міцність та корозійну стійкість, але водночас надто «навантажений» міцнісний стан може виявитися більш уразливим до водневих тріщин (залежно від інших мікроструктурних чинників).

5. *Різниця у зерні та холодній деформації.*

Сталь DDT68 має дрібніше зерно (25 мкм проти 43 мкм у P900), що зазвичай позитивно для міцності й в'язкості. Для високолегованих аустенітних сталей із високим вмістом азоту (як у DDT68) у поєднанні з високою холодною деформацією проявляється схильність до локалізованих тріщин під дією водню.

Таким чином, при зношуванні в таких умовах наводнення, сталь P900 показала вищу зносостійкість завдяки меншій схильності до водневої крихкості, попри нижчу твердість.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Balyts'kyi, O.I., Kolesnikov, V.O. Investigation of wear products of high-nitrogen manganese steels // Materials Science. – 2009. – Vol. 45, No. 4. – P. 576–581. – DOI: 10.1007/s11003-010-9216-1
2. Balitskii, O.A.; Kolesnikov, V.O.; Balitskii, A.I. Wear resistance of hydrogenated high nitrogen steel at dry and solid state lubricants assistant friction. August 2019 Archives of Materials Science and Engineering 2(98):57-67. DOI: 10.5604/01.3001.0014.4894
3. Balyts'kyi, O.I.; Kolesnikov, V.O.; Elias, Y.; Havrylyuk, M.R. Specific Features of the Fracture of Hydrogenated High-Nitrogen Manganese Steels Under Conditions of Rolling Friction. Mater. Sci. 2015, 50, 604-611. DOI 10.1007/s11003-015-9760-9

Колесніков Валерій Олександрович, кандидат технічних наук, науковий співробітник,
Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів,
kolesnikov197612@gmail.com

WEAR RESISTANCE OF HIGH-NITROGEN STEELS AFTER HYDROGEN CHARGING

Abstract. A generalization of investigation on the dry wear rate of high-nitrogen steels that have been electrolytically after hydrogen charging under conditions of increasing load from 200 to 600 N is presented. Friction pair: high-nitrogen steel - steel 45. Friction pattern: roller on roller.

Key words: wear, rolling friction, dry wear, high nitrogen steel.

Kolesnikov Valerii, PhD in Engineering, Researcher, Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine, Lviv, kolesnikov197612@gmail.com