

УДК 621.891, 620.194

Міщук О.О., канд. фіз.-мат. наук, с.н.с.

Велігорська Ю.В., канд. техн. наук

Годун Б.О., канд.техн.наук, с.н.с.

Яворська З.С., ст. наук. співробітник

Науково-дослідний інститут НДІННП “МАСМА”, Міненерговугілля, м. Київ,

mishchuk@masma.ua

## МАСТИЛЬНІ СИНТЕЗ-МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ

Під час тертя металевих поверхонь у зонах контакту деталей машин та механізмів мастильне середовище зумовлює специфічний перебіг механохімічних процесів утворення тертьових вторинних структур, що мають, загалом, унікальні фізико-хімічні властивості. Чи можливе відтворення тонкоплівкової будови металевих поверхонь, властивої цим структурам, поза умовами тертя?

В роботі досліджено ефективність мастильних матеріалів з нанонаповнювачами в процесах електроіскрового розряду в якості синтез-матеріалів для оперативного нарощування на поверхні металу покриттів функціонального призначення, які вміщують когезійно зчеплені один з одним модифікований поверхневий шар та перехідний градієнтний підповерхневий шар дифузійного типу. Обґрунтуванню підлягає можливість та доцільність створення окремого класу мастильних матеріалів – мастильних матеріалів для синтезу функціональних покриттів. Програма досліджень є комплексною, ґрунтується на результатах попередніх трибологічних досліджень [1] та охоплює декілька стадій.

1. Дослідження структурних особливостей та властивостей високоефективних тертьових вторинних структур (антифрикційних, протизношувальних тощо), що утворюються на поверхнях металів у зонах контакту.

2. Розроблення технологій виготовлення та застосування (технологій мащення) мастильних матеріалів, орієнтованих на синтез функціональних покриттів.

Зроблено висновок, що мастильний матеріал як середовище для створення функціонального покриття на поверхні металу має особливості порівняно з антифрикційним мастильним матеріалом для тертьових металевих пар, оскільки значно посилюється роль технології мащення (способу нанесення на поверхню).

У випадку застосування базових (пластичних) мастил суттєвою є роль поліморфізму структури мила [2, 3]. Виявлено, що нагрівання особливо характерно віддзеркалюється на структурі кальційових мил (рис. 1). Для створення функціональних покриттів найоптимальнішим є введення нанонаповнювачів у плівку кальційового мастила з поліморфною модифікацією, що виникає за температури  $T_2$ .

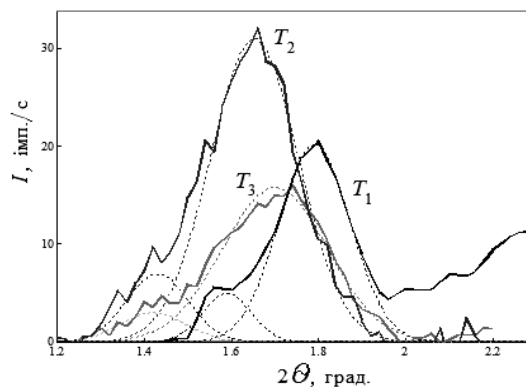


Рис. 1 – Рентгенограми 20 % суспензії  $\text{CaSt}_2$  у вазеліновій оліві за температур:  $T_1 < T_2 < T_3$  (лінії нормовано за амплітудою фонового розсіяння з наступним відніманням його рівня)

3. Модельні дослідження впливу мастильних матеріалів на утворення поверхневих структур металу в умовах електричного розряду.

Електроіскровий метод є одним з найбільш ефективних за впливом на структуру поверхневих шарів металів. З погляду на перебіг твердофазних реакцій ключовими є впливи органічної складової мастильного матеріалу та ПАР, які регулюють кінетику процесів окиснення-відновлення поверхні металів [4]. Вивчення структурних особливостей поверхневих шарів здійснювали з використанням спеціальної методології Оже-спектральних досліджень [5].

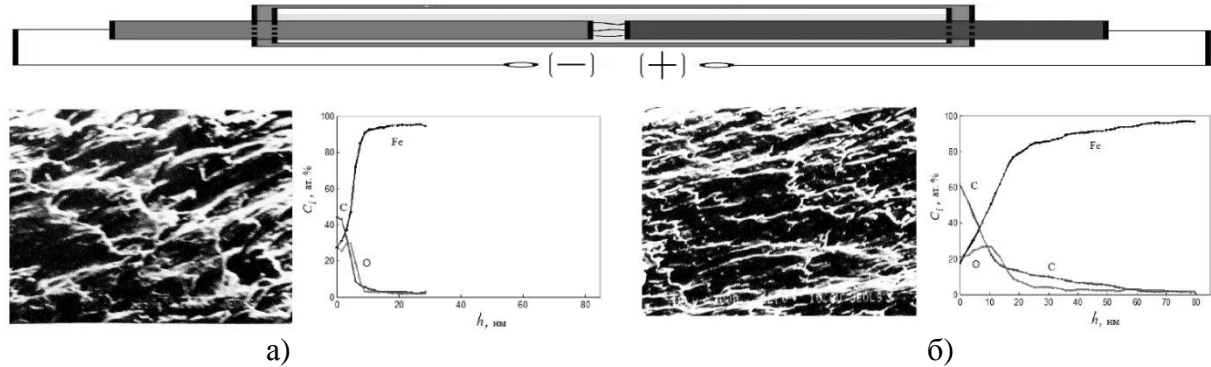


Рис. 2 – Мікроструктура поверхонь (x3000) та профілі елементів у поверхневих шарах сталі після оброблення електророзрядним методом у середовищі стеаринової кислоти. Зразок (поверхня торця електроду - вставка зверху) підключено: а) як катод та б) як анод.

Рис. 2 ілюструє, що в середовищі стеаринової кислоти під впливом електричного розряду відбувається ізоморфне щодо атомів заліза науглецювання достатньо товстого (за глибиною  $h$ ) поверхневого шару сталі, якщо зразок підключено як анод (рис. 2, б).

4. Дослідження властивостей та експлуатаційних характеристик створених функціональних покриттів.

Результати проведених експериментів свідчать про можливість виникнення під впливом мастильного матеріалу не тільки в третю зону контакту, але й за умов електроіскрового розряду поверхневих комплексних утворень, що складаються з прошарків адгезійного та дифузійного походження. Характер твердофазних перетворень металу та товщини новоутворених поверхневих шарів залежать від природи та інтенсивності фізичного впливу на метал, але їх хімічний склад та структура обумовлені властивостями мастильного середовища, з яким контактує металева поверхня.

Отже, сучасний розвиток нанотехнологій сприяє створенню окремого класу мастильних синтез-матеріалів - як простих у використанні (методом намащування) технологічних середовищ, які забезпечують селективне науглецювання та легування активними елементами поверхневих шарів металу та їх необхідні функціональні властивості перед початком або під час експлуатації.

#### Список посилань

1. Міщук О. Мастильні матеріали для антифрикційних покриттів [Текст] / Поступ у нафтогазопереробній та нафтохімічній промисловості / Міщук О., Пшеничка О., Годун Б., Павловський А. // Матеріали VII міжн. н.-т. конф., м. Львів, 19-24 травня 2014 р. – Львів: Львівська політехніка, 2014. – С. 144–146.
2. Годун Б.А. Полиморфные превращения и структура литиевых мыл стеариновой и 12-оксистеариновой кислот [Текст] / Годун Б.А., Ищук Ю.Л., Подленных Л.В. // Коллоидный журнал. – 1989. – Т. 51, № 5. – С. 984 – 987.
3. Ищук Ю.Л. Влияние температуры на структуру и свойства систем литиевое мыло - масло [Текст] / Ищук Ю.Л., Подленных Л.В., Годун Б.А. // ХТТМ. – 1989. – № 1. – С. 32 – 34.

4. Мищук О.А. Влияние органических молекул на изменение поверхностной концентрации кислорода при высокоскоростном нагревании металла [Текст] / Мищук О.А., Кобилинская И.Ф. // Катализ и нефтехимия. – 1996. – № 2. – С. 56-59. - [http://kataliz.org.ua/arhiv/2\\_1996\\_ru.html#](http://kataliz.org.ua/arhiv/2_1996_ru.html#)

5. Міщук О.О. Методологія Оже-спектрального дослідження тонкоплівкової структури поверхонь тертя [Текст]/ О. О. Міщук // Проблеми тертя та зношування: Наук.-техн. зб. – Київ: НАУ-друк, 2010. – Вип. 53. – С. 59-70. - <http://jrn1.nau.edu.ua/index.php/PTZ/article/view/3642/3701>

УДК 621.891, 620.194

Міщук О.О., канд. фіз.-мат. наук, с.н.с.

Науково-дослідний інститут НДІННП “МАСМА”, Мінералогічний вулиця, м. Київ,  
mishchuk@masma.ua

### КВАНТОВО-РОЗМІРНІ РЕЛАКСАЦІЙНІ ЕФЕКТИ СТРУКТУРНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ТЕРТЬОВОЇ КОНТАКТНОЇ ЗОНИ

Як відомо, деформаційні процеси під час тертя твердих тіл, зокрема багаторазово повторювані локальні «імпульсні» стискування на мікроконтактах активують механохімічні перетворення їх поверхневих шарів разом з адсорбованими плівками молекул, обумовлюючи легування динамічно зруйнованих ділянок кристалічної ґратки активними елементами мастильного середовища. Врешті решт, після початкового припрацювання твердих поверхонь за умов нормального граничного тертя для випадку металів виникає відтворювана в часі комплексна тонкоплівкова структура тертьової контактної зони [1], яка істотно впливає на всі триботехнічні властивості тертьової пари.

Яскравим прикладом синхронізації динамічних ефектів є утворення самоорганізованих вуглецевмісних вторинних структур (рис. 1,а - поверхневі плівки з «вигладженою» мікроструктурою сірого відтінку) під час тертя загартованих сталей мартенситного класу.

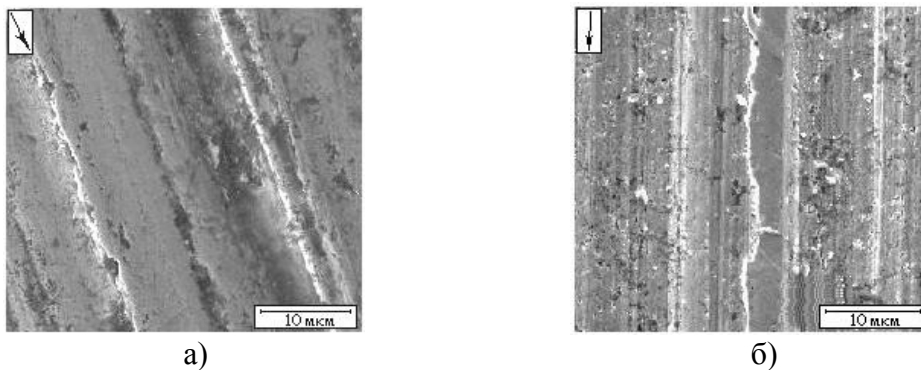


Рис. 1 – Електронні зображення (SEI) характерних мікроділянок тертьової поверхні сталі ШХ15 для стаціонарних куль чотирикулькової пари за різних температур випробування (390 Н; 1200 хв.<sup>-1</sup>): а) 75 °С - утворення вуглецевмісних неорганічних плівок субмікронної товщини; б) 110 °С - зникнення вказаної мікроструктури поверхні; її залишкова смуга в центрі. Стрілки вказують напрямок дії сили тертя.

Метою даної роботи є виявлення та ілюстрація квантово-розмірних плівок, здатних локалізувати та синхронізувати кінетику наноструктурних перетворень. Досліджували тільки характерні для нормального режиму граничного тертя мікроділянки поверхонь сталевих пар. Використовували методи електронної спектроскопії та наноскопічного йонного розпорощення поверхонь у вакуумній камері Оже-мікрозонду.

Головним джерелом надлишкового вуглецю в поверхневих шарах сталі під час тертя є вуглеводневе середовище. Але різнобічний аналіз експериментальних даних засвідчив зв'язок між виникненням вуглецевмісних вторинних структур (рис. 1,а) та механізмами динамічного відпуску мартенситу в сталях. Зокрема, збільшення інтегральної температури