

УДК 621.891

С.П.Шимчук

Луцький національний технічний університет

## УТВОРЕННЯ ВТОРИННИХ СТРУКТУР В ТРИБОСИСТЕМАХ З РІЗНИМИ РЕЖИМАМИ РОБОТИ

*В статті розглядається утворення вторинних структур при різних режимах роботи трибосистем.*

Ключові слова: *трибосистема, вторинні структури.*

**Вступ.** Вузли тертя сучасної техніки експлуатуються при різних температурних і навантажувальних режимах під впливом мастильних і агресивних середовищ. Це спричиняє різноманітні структурні перетворення як поверхонь тертя, так і мастильних матеріалів (ММ). Взаємодія контактуючих поверхонь з мастильними середовищами відображається у тонкоплівковому об'єкті – вторинних структурах (ВС) [1] (рис. 1).

**Формування вторинних структур.** Формування ВС на поверхнях тертя обумовлено комплексом факторів: зовнішніми механічними впливами, фізико-механічними властивостями матеріалів контактуючої пари, складом та властивостями ММ [2].

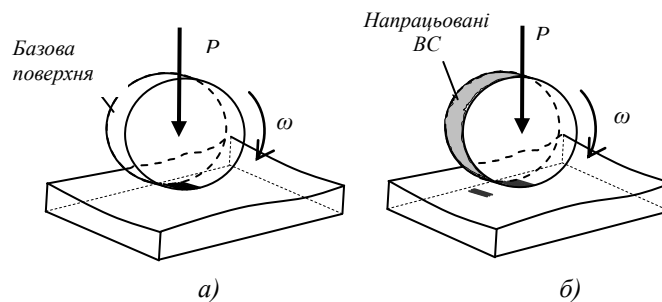


Рис. 1. Процес формування вторинних структур на поверхнях тертя:  
а) початкові умови; б) формування ВС в процесі припрацювки

Автори робіт [3, 4] вперше роблять спроби знайти критерії оцінки плівок, що утворюються на поверхні тертя (по товщині, твердості, температурі та швидкості їх утворення). Одним з перших сучасних дослідників утворення ВС дослідив Б.І.Костецький. Як показано у його роботах [5, 6], утворення вторинних структур відбувається в певному діапазоні режимів тертя при наявності динамічної рівноваги процесів активацій і пасивацій.

І.М. Федорченко [7, 8] процес утворення вторинних структур на поверхні композиційних матеріалів представляє як процес аморфізації і механохімічного легування поверхневого шару.

Дослідження, проведені Л.М. Рибаквою і Л.Н. Куксьоною [9], показують, що процес структурних змін локалізується в тонких поверхневих шарах металів. Товщина шарів може сягати від товщини молекул до кількох мікрметрів.

**Методика дослідження.** Напрацювання вторинних структур при різних режимах роботи проведено по методиці [10, 11] на лабораторній установці ПТЛК(рв) шляхом зміни радіальних коливань робочої поверхні контрзразка  $\delta$  при  $\delta_1=0\pm 1,5\text{мкм}$ ;  $\delta_2=50\pm 1,5\text{мкм}$ ;  $\delta_3=120\pm 1,5\text{мкм}$ . В якості пари тертя було вибрано зразки виготовлені із гартованої сталі ШХ 15.

**Результати дослідження.** Фрактографічний аналіз поверхонь після тертя було проведено за допомогою оптичного мікроскопа МИМ-10 (рис.2). Для цього поверхню з доріжками тертя було протравлено в середовищі 4%  $\text{HNO}_3$  + 96 %  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ .

При терті з мінімальними радіальними коливаннями ( $\delta=0\pm 1,5\text{мкм}$ ), отримано структуру, на якій виявлено так звану „білу зону” 2 (рис. 2, а) – структура, що виникає при локальній імпульсній силовій і тепловій дії. Вона не травиться у звичайних реактивах і має високу мікротвердість. Дана структура є нерівноважною і характеризує особливо напружений стан, виникає через проміжок часу, протягом якого проходить нагрів і охолодження при терті. Більшу частину такої поверхні складають відпрацьовані ділянки, які мають надвисоку мікротвердість і крихкість. На поверхні

присутні скупчення дефектів, які призводять до карбідної неоднорідності, що є неприпустимим для даного матеріалу.

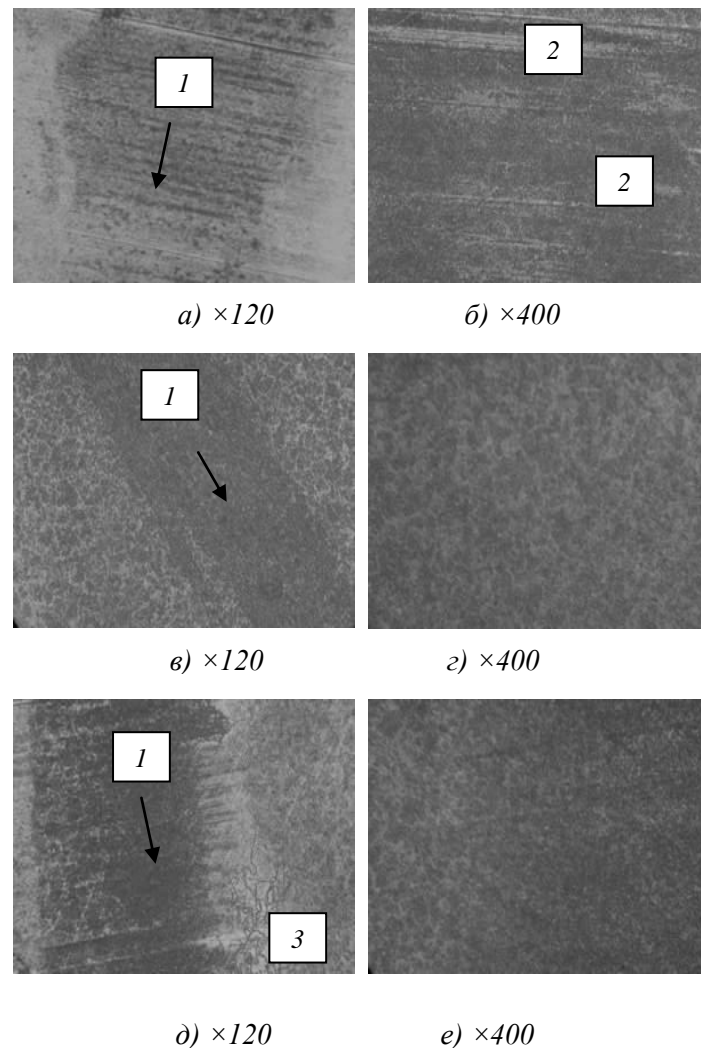


Рис. 2. Фрактограми поверхонь при терті з радіальними коливаннями (при  $\delta_1=0\pm 1,5\text{мкм}$ , а);  $\delta_2=50\pm 1,5\text{мкм}$ , б);  $\delta_3=120\pm 1,5\text{мкм}$  відповідно, в): 1 – напрям руху тертя; 2 – білі зони; 3 – тріщини

Фрактограму поверхні, яка експлуатувалась при терті контрзразка з  $\delta=50\pm 1,5\text{ мкм}$  приведено на рис. 2, б). В цьому випадку утворюється незначна карбідна «полощатість». В цілому структура є рівномірною, що призводить до покращання трибологічних властивостей матеріалу.

При терті контрзразка з  $\delta=120\pm 1,5\text{ мкм}$  отримано мікроструктуру, де спостерігається утворення неявно вираженої карбідної сітки з включеннями вторинних структур (рис. 2, в). Найхарактернішим тут стало зародження тріщин 3 – результат втомного руйнування, яке наступає під дією повторних циклічних навантажень.

**Висновок.** Як показано вище, вторинні структури, напрацьовані при різних режимах роботи відрізняються між собою хімічним та фазовим складом та залежать від властивостей мастильних матеріалів і виду тертя, а також від фізико-механічних властивостей та мікрорельєфу трибоповерхонь, тобто стан трибоповерхонь, що працювали при різних величинах амплітуди радіальних коливань та інших рівних умовах на приладі тертя ПТЛК(рв) принципово відрізняється між собою.

1. Костецкий Б.И., Караулов А.К., Костецкая Н.Б., Романов В.С. Структура поверхностей трения. // Металлофизика. – К.: Наук. Думка, 1976, вып. 65, С. 14 - 29.
2. Влияние смазочного материала на формирование вторичных структур в условиях неустановившихся режимов трения / А.П. Кудрин, В.И. Малешко, В.Ф. Лабунец // Проблемы трибології (Problems of Tribology). – 2006. – №1. – С. 158 - 163.
3. Заславский Ю.С., Заславский Р.Н. Механизм действия противоизносных присадок к маслам. – М.: Химия, 1978. – 132 с.
4. Иванова В.С., Гордиенко Н.К. Новые пути повышения прочности металлов. – М.: Наука, 1964. – 118 с.
5. Костецкий Б.И., Запорожец В.В. Исследование закономерностей внешнего трения с помощью медленных перемещений. – ДАН УССР. – 1964. – №12. – с. 1564 - 1566.
6. Костецкий Б.И., Носовский И.Г. Износостойкость и антифрикционность деталей машин. – Киев: Техника. – 1965. – 206 с.
7. Федорченко И.М. Достижения в области создания спеченных композиционных антифрикционных материалов на основе металлических порошков // Трение и износ: Минск: Наука и техника. – 1982. – №3(т.III). – С. 412 - 420.
8. Федорченко И.М., Пугина Л.И. Композиционные спеченные антифрикционные материалы. Киев: Наукова думка. – 1980. – 404 с.
9. Рыбакова Л.М., Куксенова Л.И. Структура и износостойкость металла. – М.: Машиностроение, 1982. – 120 с.
10. Стельмах А.У., Сидоренко О.Ю., Костюник Р.Е. Методика идентификации ГСМ по противоизносным и антифрикционным свойствам с учетом реальных условий их работы // Технологические системы. – 2002. – №3. – С. 96 - 101.
11. Аксьонов О.Ф., Стельмах О.У., Шимчук С.П., Коба В.П., Джамаль Ібрагім Мансур. Методологія визначення протиспрацьовувальних властивостей мастил за критеріями трибо характеристик утворюваних у них вторинних структур // Вісник НАУ. – 2006. – С. 62 - 64.