

## ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СТАНУ ПОВЕРХОНЬ ТЕРТЯ У ПАРАХ ХРОМОВАНИ ПOKPИTTЯ–ЧABУН СЧ30

© Богун Л.І., 2012

Досліджено структурно-фазовий стан поверхонь хромованих покриттів, проаналізовано механізми зношування для підбору або розробки інших покриттів, які б забезпечили такі самі або й кращі триботехнічні характеристики вузлів тертя, що працюють в умовах граничного мащення. На основі аналізу структури поверхневих шарів та поверхонь зношування встановлено, що за всіх навантажень домінує абразивний механізм зношування. На поверхні зношування після випробувань за питомого навантаження 1 та 5 МПа сформувалися ділянки впровадження матеріалу покриття та перекочування з налипанням ділянок поверхні зношування, що свідчить про проходження адгезійних процесів під час тертя. Більша частка адгезійної складової у загальному процесі зношування є причиною більшої інтенсивності зношування пар тертя.

The structural-phase states of surfaces with chrome finish, analyzed the mechanisms of wear for selection or development of other coatings, which would provide the same or even better tribotechnical characteristics of friction units, operating under boundary lubrication. Based on analysis of the structure of surface layers and wear surfaces revealed that for all loads is dominated by abrasive wear mechanism. On the surface after the wear test for unit load 1 and 5 MPa formed areas of coverage and implementation of material sticking to rolling lands surface wear, indicating the passage of adhesion processes during friction. Most of the adhesion component in the overall mechanism of wear is the cause of greater intensity of wear of friction pairs.

**Постановка проблеми.** Аналіз останніх досліджень і публікацій. З метою збільшення зносотривкості, корозійної тривкості та терміну служби виробів, а також зміцнення робочої поверхні деталей у підйомно-транспортних механізмах для поверхневого зміцнення золотників на виробництві широко використовують гальванічне покриття хромом [1–4]. Це призводить до потреби утилізації відходів виробництва. Крім того, використання хромування є процесом, який супроводжується виділенням токсичних речовин, що створює екологічну небезпеку виробництва [5–6].

**Формулювання мети дослідження.** Мета роботи – дослідити структурно-фазовий стан поверхонь хромованих покриттів, розкрити механізми зношування для підбору або розробки інших покриттів, які б забезпечили такі самі або й кращі триботехнічні характеристики вузлів тертя, що працюють в умовах граничного мащення.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** У [7] встановлена інтенсивність зношування пар тертя хромовані покриття, нанесених на сталь 40Х по чавуну СЧ30 за різних питомих навантажень (рис. 1). Проілюстровано, що інтенсивність зношування пар за питомого навантаження 1 та 5 МПа є фактично однаковою і відповідно становить 0,105 та 0,099 кг·м<sup>-2</sup>·год<sup>-1</sup>. Проте за

питомого навантаження 3 МПа інтенсивність зношування порівняно з іншими питомими навантаженнями є в 2 рази меншою. Під час усіх випробувань втрата маси покриттів фактично не змінювалася, тому основний вплив на зносостійкість трибоспрямижень належить інтенсивності зношування контртіл.

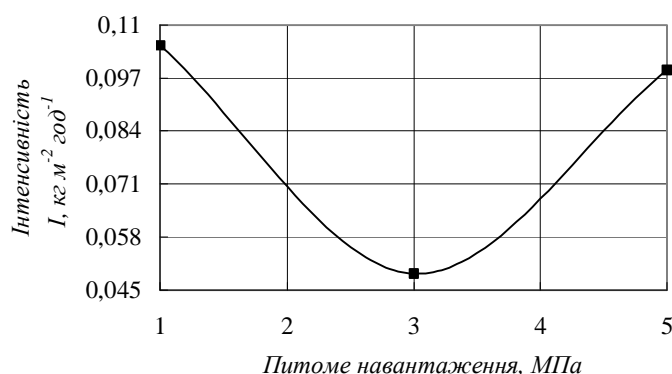


Рис. 1. Вплив питомого навантаження на інтенсивність зношування пар тертя хромовані покриття – чавун СЧ30

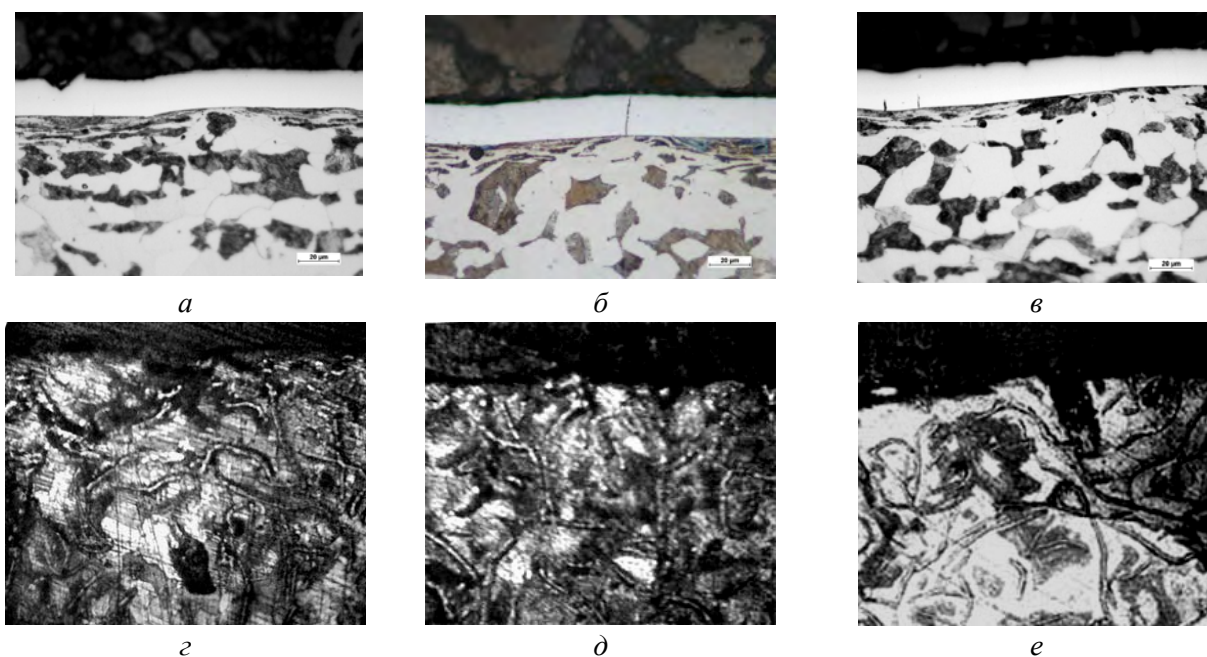


Рис. 2. Мікроструктура хромованих покриттів, отриманих дифузійним насиченням і контртіл після тертя за питомих навантажень 1 (а, б), 3 (в, г) та 5 МПа (д, е) (а, в, д – хромоване покриття; б, г, е – контртіло)

Експериментальними дослідженнями встановлено [1, 2], що структура і фазовий склад хромованих покриттів визначається способом їх отримання. Фазовий склад хромованих покриттів встановлено за допомогою рентгенівського фазового аналізу. Аналіз мікроструктури хромованих покриттів проводили за допомогою мікроскопа METAM P-1 та оптичного мікроскопа MICROS (AUSTRIA) з використанням програми MATERIAL VISION. Дифузійний шар, який отриманий під час хромування сталі, складається з легованого  $\alpha$ -твєдого розчину та карбідів хрому  $(\text{Cr}, \text{Fe})_7\text{C}_3$ . Під шаром карбідів знаходиться перехідна зона із високим вмістом вуглецю (0,8 %). Карбіди утворюються у результаті дифузії вуглецю із внутрішніх шарів до поверхні металу назустріч хрому. Вуглець має більшу швидкість дифузії, ніж хром, тому для утворення карбідного шару використовується не весь вуглець, і під ним знаходиться перехідна зона з високим його вмістом [2].

За дифузії хрому в залізі процес заміщення заліза хромом супроводжується спочатку утворенням на зовнішній поверхні сталі насиченого твердого розчину хрому в  $\gamma$ -залізі.

Після цього, як утвориться насичений розчин  $\gamma$ -фази, спостерігається перекристалізація  $\gamma$ -твердого розчину в  $\alpha$ -фазу, яка виявляється металографічно у вигляді білої пластини, яка не травиться (рис. 2).

Утворенню карбідів хрому у дифузійному шарі сприяє безпосередня взаємодія хрому з вуглецем. Товщина хромованого шару після дифузійного насичення становить 20 мкм. Дифузійний шар є щільним і пластичним, має високу твердість і міцність. У разі згинання хромованих зразків дифузійний шар хрому не розтріскується і зберігає свої захисні властивості [1, 2, 4]. Висока корозійна стійкість хромованих зразків досягається за рахунок утворення на їхній поверхні щільної оксидної плівки, яка захищає метал від агресивного середовища.

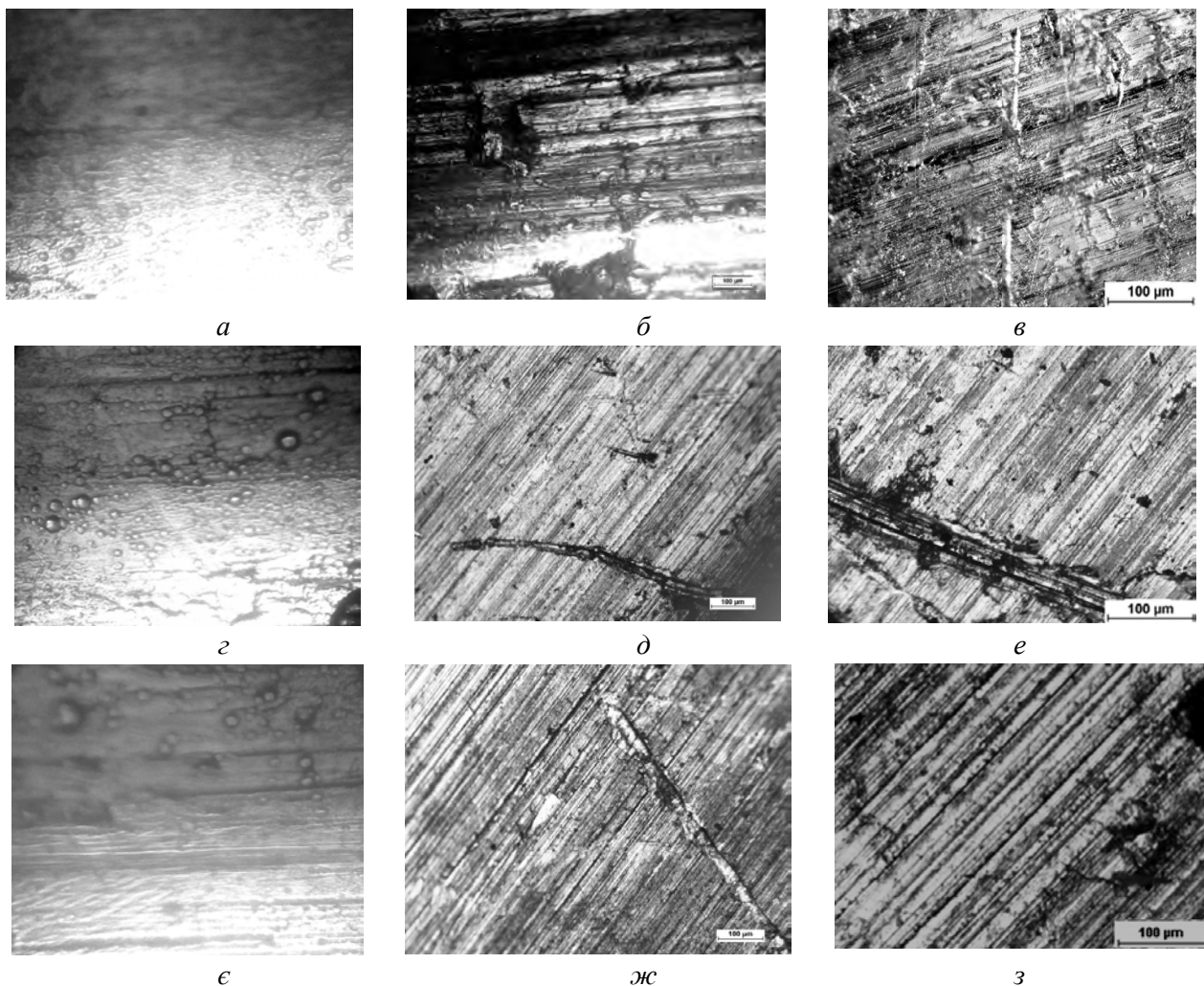


Рис. 3. Мікроструктура поверхні зношування хромованого покриття на сталі 40Х та контртіла після випробувань за питомого навантаження 1 (а–в), 3 (г–е) та 5 (є–з) МПа (а, г, є – покриття (x 100); б, в, д, е, ж, з – контртіла)

Після випробування за усіх питомих навантажень хромований шар фактично не зносився (рис. 2), бачимо сліди значної пластичної деформації основи. В основах покриттів спостерігаються ділянки текстурування. Причому ширина текстурованої зони є найбільшою після випробувань за питомого навантаження 3 МПа, а найменшою — 5 МПа. Покриття має тріщини, які утворилися у процесі його нанесення. Формування зносотривких та корозійнотривких покриттів визначається переважно режимом електролізу: температура – 50–55 °С та густина струму – 45–55 А/дм<sup>2</sup>. Нанесення покриттів за таких режимів призводить до утворення залишкових розтягуючих напружень,

що викликає появу пористих тріщин, перпендикулярних до основи (рис. 2, б). Дослідженнями мікроструктури контртіл виявлено в приповерхневих шарах структури ознаки значної пластичної деформації та активного руйнування поверхні (рис. 2, г–е). На поверхнях зношування присутні вириви, особливо за питомого навантаження 5 МПа.

Аналіз поверхні тертя (згідно зі стандартом ISO/DIS 7146) показав (рис. 3), що після випробувань в усьому діапазоні навантажень поверхня зразків є смугастою [8, 9].

Така структура складається зі слідів орієнтованого руху структурних елементів граничного шару, що характерно для абразивного механізму зношування. Спектр геометричних параметрів борозен після випробувань за різних питомих навантажень неоднаковий. Борозни утворюються у результаті пластичного відтискування матеріалу поверхні твердими частинками, що перебувають у складі граничного шару. Механізм утворення або появи цих частинок у граничному шарі може бути різним: вони можуть надходити з навколишнього середовища, з'являтися в результаті зміни властивостей частинок, що утворилися, через руйнування матеріалів елементів пари тертя внаслідок окислювання, зміцнення після інтенсивної пластичної деформації тощо. Відстань між борознами на поверхні тертя за умов навантаження 1 МПа становить 60 мкм, за навантаження 3 МПа — 41 мкм, а за навантаження 5 МПа — зменшується до 8,3 мкм. Зі збільшенням питомого навантаження зменшується і відстань між борознами (рис. 3). Плівка є тонкою, без ознак поширості. Такі плівки утворюються на поверхні зношування контртіла за рахунок дрібних частинок руйнування, які в композиції з мастилом становлять основний матеріал граничного шару. Як бачимо з рис. 3, розмір абразивних часточок зношування був найбільшим після випробувань за питомого навантаження 1 МПа, а найменшим — 5 МПа. Після випробувань за питомого навантаження 3 МПа ознак сколювання хромованих шарів не спостерігалось. Проте спостерігаються також видимі дефекти у вигляді виривів та мікрорізань. Вириви присутні на поверхнях тертя контртіл під час випробування за питомих навантажень 3 та 5 МПа (рис. 3, г–з). Вони можуть утворюватися, коли тверда частинка, переміщаючись по поверхні, може зустріти на своєму шляху перешкоду, наприклад, із пластично zdeформованого матеріалу, або навпаки, прикріпитися до поверхні за рахунок адгезії. Однак за свого подальшого руху речовина граничного шару намагасться усунути неоднорідність товщини шару: частинка зривається і утворює за собою вирив. Під час дослідження поверхні зношування, яка випробовувалася за питомого навантаження 3 та 5 МПа, присутні штрихи, які, очевидно, сформувалися внаслідок процесів мікрорізань (рис. 3). На поверхні зношування після випробувань за питомого навантаження 1 та 5 МПа сформувалися ділянки впровадження матеріалу покриття та перекочування з налипанням ділянок поверхні зношування, що свідчить про проходження адгезійних процесів під час тертя (рис. 3, в, ж). За наявності окремих дефектів на поверхні адгезійне схоплювання свідчить, як правило, про нестабільність роботи вузла тертя, який характеризується низькими триботехнічними характеристиками. Поверхні тертя хромованих покриттів формуються переважно за рахунок намащування поверхневих граничних шарів контртіл на поверхні зношування. В окремих випадках видно залишки мастильного матеріалу.

**Висновки.** У процесі тертя відбувається пластична деформація основи покриттів та контртіла. У міру підвищення хвилястості й шорсткості поверхонь їх контактування відбувається на дуже малих ділянках тертя; контактні тиски мають високі значення, і тонка гранична плівка мастила не охороняє поверхні від пластичної деформації, що неминуче призводить до зношування деталей. Аналізуючи перебіг процесів, які формують таку структуру контртіл за граничного навантаження, можна припустити, що у цьому випадку за усіх навантажень домінує абразивний механізм зношування, зі слабо вираженими ознаками адгезійного схоплювання. Тріщини, які сформувалися у хромованих шарах, утримують мастило і додатково полегшують процеси тертя. Можна ствердити, що продукти зношування являють собою: графіт, що присутній у великій кількості у чавуні; часточки зруйнованого шару сталеві матриці чавуна та хромованих покриттів.

1. *Справочник. Гальванические покрытия в машиностроении / под ред. М. А. Шлугера. – М.: Машиностроение, 1985. – Т.1. – С.119–121.* 2. Чернець М., Пашечко М., Невчас А. *Методи*

прогнозування та підвищення зносостійкості триботехнічних систем ковзання. – Т.2: Поверхневе зміцнення конструкційних матеріалів трибосистем ковзання: в 3-х т. — Дрогобич: Коло. 2001. — 512 с. 3. Иванова Н.Д., Иванов С.В., Болдырев Е.И. Соединения фтора в гальванотехнике. – К.: Наук. думка, 1986. – С.91–97. 4. Иванова Н.Д., Иванов С.В., Болдырев Е.И. Справочник гальванотехника. Фторсодержащие электролиты и растворы. – К.: Наук. думка, 1993. – С.39–47, 148–151. 5. Правила приймання виробничих стічних вод у Київську міську каналізацію. – К.: Київська міська рада народних депутатів, 1993. – 18 с. 6. Измайлова Д.Р., Войтович В.Б., Куролан Н.С. Ионообменный метод очистки промышленных стоков гальванических цехов // Водоснабжение и сантехника. – 1980. – №4. – С. 7. 7. Пашечко М.І., Богун Л.І., Ленік К.С., Яворська М.М. Дослідження кінетики зношування хромовмісних покриттів за умов граничного мащення. Машиностроение и техносфера XXI века // сб. тр. XVI Международ. науч.-техн. конф. в г. Севастополе, 14–19 сентября 2009 г.: в 4-х т. – Т.3. – Донецк: ДонНТУ, 2009.– С. 19–25. 8. Алексеев Н.М., Кузьмин Н.Н., Транковская Г.Р., Шувалова Е.А. Методика исследования смазочного действия // Практическая трибология. – М., 1994. 9. Кузьмин Н.Н., Шувалова Е.А., Транконская Г.Р., Муравьева Г.И. Методы анализа структур поверхностей, формирующихся в процессе трения // Трение и износ. – 1996. – Т. 17, № 4.

УДК 621.787

І.В. Гурей

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра технології машинобудування,

## ДОСЛІДЖЕННЯ ФРЕТИНГ-КОРОЗІЇ ЗМІЦНЕНИХ ПОВЕРХНОВИХ ШАРІВ, ОТРИМАНИХ ФРИКЦІЙНОЮ ОБРОБКОЮ

© Гурей І.В., 2012

**Показано, що фрикційне зміцнення поверхневого шару істотно підвищує довговічність сталі при фретинг-корозії. Так, під час дослідження без мащення пар сталь 40X – Бра10Ж4Н4 та сталь 40X – сталь 30ХГСА опір зношуванню зріс у 1,7 раза, а при дослідженні у оливі МС-20 у 3,3 і 4,6 раза відповідно. При цьому зміцнювали лише зразок, контрзразок був шліфований.**

**It's show, that the friction hardening essentially increases durability of steel in the fretting- corrosion. So, the wear resistance increases in 1.7 times after research without lubrication pares steel 40H – BrA10G4N4 and steel 40H – steel 30HGSA and in 3.3 and 4.6 times respectively after research with oil MS-20. Only the first specimen of pare had hardened, the second specimen had grinded.**

**Постановка проблеми.** Часто ресурс роботи окремих вузлів і з'єднань обмежується передчасним зношуванням контактуючих деталей в результаті фретинг-корозії, яке виникає на спряжених поверхнях за дуже малих взаємних переміщень внаслідок різного виду вібрацій. Внаслідок інтенсивного зношування контактуючих поверхонь за фретинг-корозії у деталей різко змінюються конструктивні розміри і порушується робота спряжень.

Сьогодні існує велика кількість різних видів зміцнювальних технологій, які дають змогу підвищувати якість поверхневих шарів, збільшувати довговічність і надійність деталей машин і механізмів. Широке застосування на практиці знаходять методи поверхневого зміцнення деталей машин з застосуванням висококонцентрованих джерел енергії. При цьому у поверхневих шарах відбувається нагрівання з великими швидкостями до температур, вище точки фазових перетворень, одночасне зсувне деформування і подальше швидкісне охолодження в екстремальних умовах. Як