

УДК 621.81.04.6:621.742

А.В. Усов, д-р техн. наук, проф.,
В.С. Полтавченко, інженер,
Одес. нац. політехн. ун-т,
В.О. Дутка, інженер, Ін-т надтвердих
матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України,
м. Київ

ОСОБЛИВОСТІ КОНТАКТНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ТА АБРАЗИВНОГО ЗНОШУВАННЯ МЕТАЛОПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН СУДНОПЛАВНИХ КОНСТРУКЦІЙ

А.В.Усов, С.В. Полтавченко, В.О. Дутка.

Особенности контактного взаимодействия и абразивного износа металлополимерных композиционных покрытий, которые используются при восстановлении деталей машин судоплавных конструкций. Обоснована ефективність восстановления изношенных деталей за счет нанесения металлополимерных композиционных покрытий, которые эксплуатируются в условиях абразивного износа, в частности, в присутствии свободного абразива.

A.V. Usov, S.V. Poltavchenko, V.O. Dutka.

Specificity of contact interaction and abrasive wear of metal-polymer compound coatings used at maritime constructions' machine parts restoring. Substantiated is the efficiency of worn machine parts restoring at the expense of compound metal-polymer coatings, used under conditions of abrasive wearing, and particularly when natural abrasive present.

У сучасному машинобудуванні спостерігається інтенсивне підвищення потреби в технологіях відновлення функціональної здатності деталей машин і механізмів за допомогою нанесення зносостійких покриттів. У зв'язку з цим набувають особливої актуальності сучасні ремонтно-відновлюючі технології, які дозволяють відновлювати роботоздатність деталей машин безпосередньо у виробничих. Одним з напрямків сучасних ремонтних технологій для відновлення функціональних властивостей зношених деталей є використання різних технологічних методів, основи яких базуються на формуванні покриттів зі зносостійких композиційних матеріалів. Звичайно такі матеріали застосовуються при відновленні деталей машин, які вийшли з ладу або втратили свої експлуатаційні властивості внаслідок зношування робочих поверхонь. У таких випадках відновлення зношених деталей за допомогою нанесення зносостійких покриттів, найчастіше більш доцільно, ніж їхня заміна на нові, тому що їхній нормативний ресурс ще не вичерпаний повністю. Однак, для вибору типу покриття зазначеного призначення й способу нанесення необхідно обґрунтувати вимоги до їхньої зносостійкості й фізико-механічних властивостей з урахуванням особливостей умов експлуатації, а також властивостей матеріалу самої відновлюваної деталі. Найбільш підходящими в розглянутому випадку типами покриттів є покриття, сформовані на основі металлополімерних композиційних матеріалів [1, 2].

Розглянемо види зношування деталей, типових при експлуатації судноплавних конструкцій в умовах абразивного зношування й обґрунтуємо вибір композиційних матеріалів, призначених для нанесення відновлюючих покриттів на ушкоджені деталі машин (рисунки 1 і 2).

Детонаційні покриття наносились за технологією з композиційних порошкових матеріалів КХН і НАС, а також металлополімерних покриттів з різними металевими порошковими наповнювачами (див. таблицю). На підставі дослідження зношування покриттів [3] встановлені типи покриттів, що мають кращі показники для застосування у відновлюючих роботах із застосуван-

ням металопластикових покриттів для типових випадків ушкоджень зношуванням поверхонь деталей судноплавних конструкцій.

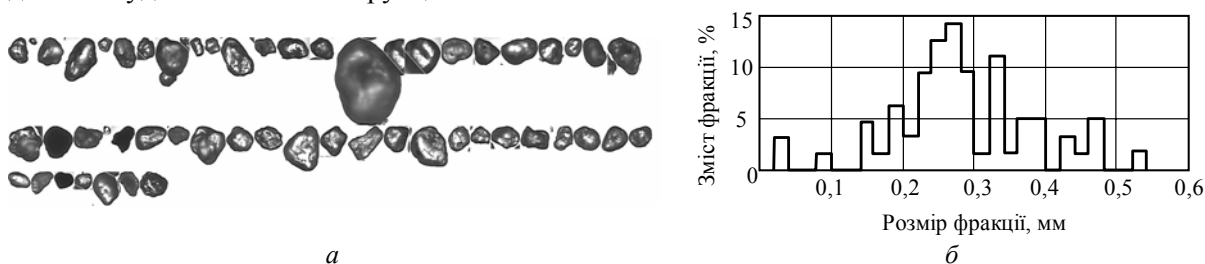


Рис. 1. Загальний вигляд (а) та розподіл зернового складу піску (б), відфільтрованого з заборотної води, яку закачує помпа під час швартування

Характеристики полімерних покриттів

Марка матеріалу покриття і його стан перед нанесенням	Спосіб нанесення	Хімічний склад, %	Твердість покриттів, ГПа
Композит НАС, порошкова суміш	Детонаційне напилення	82 — Ni, 14 — Al, 6 — Si	11,0 за HV
Композит КХН, порошкова суміш	Детонаційне напилення	62 — Ni, 18 — Cr, 20 — Co	10,8 за HV
Мультиметал “Стандарт”, порошкова суміш	Ручне формування	90 — бронза, 10 — затвердлювач (фірмовий)	0,3 за HB
Металопластик “Якість Суперіор”, порошкова суміш	Ручне формування	90 — сталь, 10 — затвердлювач (фірмовий)	0,45 за HB

Досліджені процеси зношування матеріалів основи відновлюваних деталей, та з детонаційними, металопластиковими і мультиметалічними покриттями, а також їх зношування в присутності вільного абразиву, зокрема морського піску (рис. 3). За результатами експерименту визначені залежності величини зношування Δh від довжини шляху тертя T , а також зміна значень коефіцієнта тертя f від величини контактного тиску P (рисунки 4 та 5). Отримано, що для деталей з детонаційними покриттями найбільшу зносостійкість має пара тертя “сталь 45 з покриттям НАС — сталь 45 з покриттям КХН”. Середнє значення ступеня зношування для цієї пари в 6,7 разів менше, ніж у пари тертя “сталь 45 — сталь 45 з покриттям НАС” й у два рази менше, ніж у пари тертя “сталь 45 — сталь 45 з покриттям КХН”. При цьому найменше значення коефіцієнта тертя у пари “сталь 45 з покриттям НАС — сталь 45 з покриттям КХН”. Середнє значення коефіцієнта тертя у цієї пари в 1,7 разів менше, ніж у пари тертя “сталь 45 — сталь 45” й в 1,5 рази менше, ніж у пари тертя “сталь 45 з покриттям НАС — сталь 45 з покриттям КХН”. Встановлено, що серед досліджених пар тертя з металопластиковими покриттями найбільшу зносостійкість мають пара тертя “бронза Бро12” з покриттям на сталевій деталі або з поверхнею шару металопластикового покриття на сталевій основі і поверхнею гумової манжети.

В результаті проведених чисельних розрахунків [4] отримані розподіли напружень, сформованих у твердих абразивних частинках при їхньому вдавленні в поверхню деталі, що перебуває у вихідному стані або з металопластиковим покриттям. У розглянутому випадку металопластикове покриття виконує функції протекторного шару, тому що величини розрахованих у шарі та в абразивній частці контактних напружень істотно нижче граничних напружень, які могли б привести до незворотних деформацій у шарі та до руйнування абразивних часток, з утворенням гострих абразивних фрагментів, і як наслідок, збільшенню інтенсивності зношування пари тертя. В зоні контакту зерна й металопластикового покриття напруження, що виникають у зерні практично у два рази менші, ніж при контакті зі сталеву основу без покриття, і вони не пе-

ревершують рівня міцності матеріалу зерна. Отже, зерно в цьому випадку не руйнується. Тому через малість величини коефіцієнта тертя матеріалу металопластикового покриття ($f=0,02$; дивиться рисунок 4, б) відносно зерна піску (близького до сферичної форми й при наявності мастила), можна висловити припущення, що в парі тертя такого типу й за таких умов, цілком можлива реалізація тертя кочення, замість тертя ковзання. Тільки таким чином можна пояснити зниження в два рази інтенсивності зношування металопластикового покриття в системі “металопластикове покриття на сталевій основі — абразив — гума” у порівнянні з інтенсивністю зношування сталевій основі без металопластикового покриття в парі тертя з гумою при наявності мастила I-20 з піском (див. рисунок 4, а).

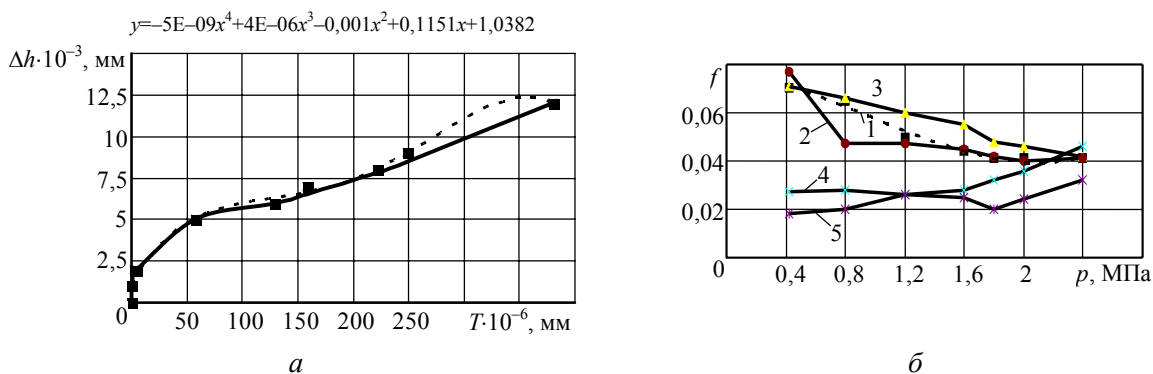


Рис. 2. Залежності зміни величини зношування Δh від шляху тертя T (а) і коефіцієнта тертя f від рівня прикладеного тиску P (б) для випробуваних пар тертя: сталь 45 по сталі 45 (1); покриття КХН на сталі 45 по сталі 45 (2); покриття з металопластика “Якість Суперіор” на сталі 45 по сталі 45 (3); сталь 45 по гумі при наявності мастила I-20, що містить пісок (4); 5 покриття з металопластика “Якість Суперіор” на сталі 45 по гумі при наявності мастила I-20, що містить пісок (5)

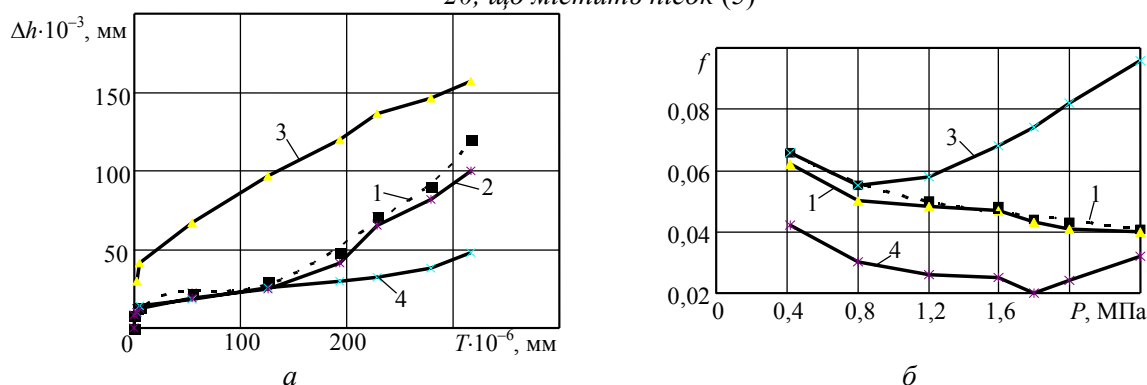


Рис. 3. Залежності зміни величини зношування Δh від шляху тертя T (а) і коефіцієнта тертя f від рівня прикладеного тиску P (б) для випробуваних пар тертя: Бронза Бро12 по бронзі Бро12 (1); Мультиметалічне покриття “Стандарт” на бронзі Бро12 по бронзі Бро12 (2); Бронза Бро12 по бронзі Бро12 у морській воді, що містить пісок (3); Покриття “Якість Суперіор” на бронзі Бро12 по бронзі Бро12 в морській воді, що містить пісок (4)

Для оцінки надійності закріплення покриття на поверхні відновлюваної деталі експериментально визначені значення міцності металопластикового покриття на зсуві $\tau_{zc} = 28 \pm 2$ МПа й адгезійна міцність покриття зі сталевією основою $\sigma_{адг} = 17,4 \pm 0,8$ МПа.

Розглянемо застосування технологічного процесу відновлення штока гідроциліндра піднімального механізму апарелі теплоходу за допомогою металопластика “Якість Суперіор” зі сталевим порошковим наповнювачем. Виконано розрахункову оцінку ресурсу відновленого металополімерним покриттям штока. Для цього використані залежності зношування обраного покриття у відповідних умовах тертя. На підставі результатів випробування пар тертя “сталь-

абразив-гума” та ”металопластикове покриття на сталевій основі абразив гума”, на етапі сталого процесу зношування розрахована усереднена інтенсивність зношування цих пар тертя $I = \Delta h / \Delta T$, що дорівнює 40 і 20 мкм/км, відповідно. Якщо прийняти, що при кожному навантаженні шток відносно гумової манжети робить зворотно-поступальний рух довжиною 40 мм, то за 180 активних днів експлуатації довжина шляху тертя досягне 2592 м. Приймаючи за нормативно припустиме зношування штока 2 мм, на добу при визначених значеннях інтенсивності припустиме зношування досягнемо на 76 й на 152, відповідно. Таким чином, оцінка ресурсу відновленого штока показує, що шток має практично повністю відновлений ресурс. Тому в результаті відновлення зношеної деталі металопластиковим покриттям, ресурс деталі не тільки відновлений у повному обсязі, але й у сумі з вихідним, збільшений.

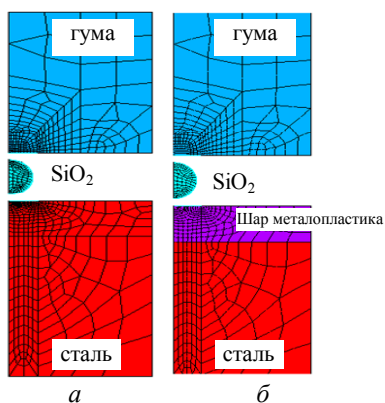


Рис. 4. Розрахункові моделі навантажених стиском систем “гума абразивна частка сталеві основа” (а) і “гума абразивна частка металопластикове покриття на сталевій основі” (б)

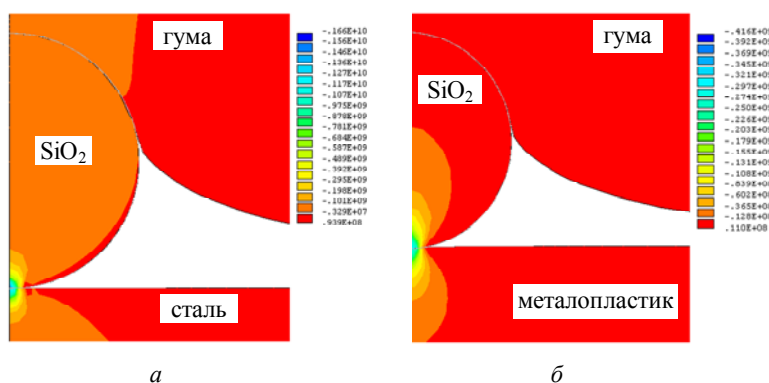


Рис.5. Розподіл напружень σ_y в елементах навантажених стиском систем “гума абразивна частка сталеві основа” (а) і “гума — абразивна частка металопластикове покриття на сталевій основі” (б)

На підставі порівняння результатів експериментального дослідження інтенсивності зношування сталевих зразків з металопластиковим покриттям при наявності вільного абразиву й результатів натурних випробувань сталевих штока гідроциліндра, відновленого металопластиковим покриттям, зроблений висновок про ефективність і надійність використання покриття даного типу для відновлення зношених деталей, експлуатованих в умовах абразивного зношування.

Для умов роботи відновлених поршнів гідромашини були виконані розрахунки з визначення ресурсу довговічності відновленої деталі [5]. Розрахунки ресурсу поршнів гідромашини, відновлених детонаційними покриттями НАС і КХН, виконувалися на підставі відповідних їм залежностей зношування. Розрахунки показали, що ресурс їхньої роботоздатності становить близько 3000...3200 годин безперервної роботи. Серійна та експериментальні поршневі пари тертя відробили 586 годин. Враховуючи те, що гідромашина АПГ310.324 призначена для застосування в умовах роботи приводу в повторно-короткочасному режимі при ПВ=25 %, розрахунковий ресурс відновлених поршнів не нижче ресурсу поршнів нової гідромашини.

Натурні випробування підтвердили висновки, зроблені на підставі експериментальних досліджень, про високі зносостійкі й антифрикційні властивості деталей з детонаційними покриттями й можливості їхнього застосування для відновлення деталей, що втратили свою роботоздатність через зношування поверхонь.

На підставі проведеного дослідження доведена ефективність нанесення композиційних металевих та металопластикових покриттів для відновлення зношених деталей машин судноплавних конструкцій експлуатованих в умовах абразивного зношування й, зокрема, у присутності вільного абразиву, які дозволяють практично повністю відновлювати їхній вихідний ресурс.

Література

1. Бородин И.Н. Упрочнение деталей композиционными покрытиями. — М.: Машиностроение, 1982. — 141с.
2. Дашенко А.Ф. Повышение износостойкости деталей аксиально-поршневых гидромашин путем нанесения детонационно-газового покрытия НАС / Дашенко А.Ф., Белоконев К.И. // Детали машин. — К.: Техника, 1992. — Вып. 54. — С. 61 — 64.
3. Крагельский И.В. Трение и износ. — М.: Машиностроение, 1986. — 480 с.
4. Полтавчанко С.В. Восстановление деталей нанесением металлополимерных покрытий // Техніка майбутнього. — Одеса, 1999. — № 3. — С. 74 — 81.
5. Полтавченко С.В. Експериментальне визначення залежностей для оцінки антифрикційних показників матеріалів пар тертя деталей машин, відновлених металевими і металлополімерними покриттями // Машинознавство. — Львів, 2000. — № 5. — С. 32 — 35.

Надійшла до редакції 2 лютого 2007 р.
