

Висновки. Запропонована методика комплексної оцінки травмонебезпеки виробничого підрозділу, що дає змогу отримати: структуру кількісних показників травмонебезпеки кожної одиниці обладнання a_{ij} з k -ї причини з врахуванням дійсного стану та умов експлуатації кожного j -го джерела i -го типу; загальний показник рівня травматизму як усього виробничого підрозділу (дільниці, лінії, цеху), так і окремих його складових елементів, об'єднаних за технологічною ознакою (наприклад, група токарних верстатів, піднімально-транспортне обладнання) або за ознакою імовірної появи певного виду травм (електронебезпека обладнання, ситуація щодо можливих дорожньо-транспортних пригод тощо); черговість планування відповідних заходів з охорони праці для найбільш травмонебезпечних джерел з врахуванням причин та наслідків небезпеки їх експлуатації.

1. Александров В.В., Горский Н.Д. Алгоритмы и программы структурного метода обработки данных. – Л.: Наука, 1993. – 208 с. 2. Березуцький В.В., Древаль О.П. Розробка універсального показника небезпечності устаткування і виробництв // Охорона праці. – 1996. – №12. – С. 28–38. 3. Давыдов В.Г., Кузьмин А.П. Система управления охраной труда на машиностроительном предприятии. – М.: Машиностроение, 1989. – 148 с. 4. Кузьмин В.В. Безопасность труда и её прогнозирование // Текстильная пром-сть. – 2005. – №1/2. – С. 11–12. 5. Безопасность жизнедеятельности: учеб. пособ. – 3-е изд., испр. и доп. / под ред. О. Н. Русака. – СПб.: Издательство «Лань», 2000. – 448 с. 6. Glass W. Das «personliche Risiko» der Feuerwehrleute // Florian Hessen. – 2008. – № 6. – P. 20–22.

УДК 621.002

Я.О. Шахбазов, А.Є. Стецько

Українська академія друкарства,
кафедра технології матеріалів і поліграфічного машинобудування

ТЕХНОЛОГІЯ КОМПЛЕКСНОГО МЕТОДУ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ ТІЛ ОБЕРТАННЯ

© Шахбазов Я.О., Стецько А.Є., 2012

Подано технологічний процес відновлення деталей машин. Проведено комплексний метод, який полягає у попередній чорновій механічній обробці заготовки, хімічній та хіміко-термічній обробці та фінішній механічній обробці, що застосовуються для відповідальних деталей машин з виконавчими поверхнями високої точності та низької шорсткості.

Filed recovery process machine parts. A comprehensive method, which is preliminary roughing machining wood, chemical and chemical-heat treatment and finish machining. Used for critical machine parts with high accuracy executive surfaces and low roughness.

Постановка проблеми. У машинобудуванні є доволі велика частка швидкозношуваних деталей типу тіл обертання (пар тертя), які піддаються певному виду навантаження. Вони вимагають нанесення зміцнювальних покриттів потрібних характеристик відповідно до умов роботи таких пар тертя.

Створення нових технологічних методів підвищення зносостійкості та довговічності деталей машин є пріоритетним напрямком сучасного машинобудування. Ринок вимагає конкурентоспроможних технологій, які, попри свою невисоку вартість та складність, давали б відчутний ефект. Одним з технологічних способів, який відповідає цим вимогам, є відновлення деталей машин комплексним методом хімічної обробки і дифузійного хромування. Вона складається із нікелько-

бальтфосфорного хімічного покриття і дифузійного хромування. Реалізація цього виду обробки дає змогу отримати на поверхнях деталей машин зміцненого шару композиційної будови порівняно великої товщини. Завдяки цьому підвищується зносостійкість (відповідно довговічність і надійність) деталей машин, а також велика товщина зміцненого шару уможливорює використовувати метод ремонтних розмірів під час подальших ремонтів цих деталей.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Підвищення надійності та довговічності деталей машин є завданням багатьох досліджень [1–5]. Пропонується використовувати технологічний метод електроіскрового зміцнення, плазмового наплавлення, лазерного наплавлення тощо. Переважно кінцевим результатом є утворення композитного шару з доволі твердими включеннями високої крихкості (вищі карбіди хрому та титану, нітриди) і насамперед невеликої товщини, або технологія виготовлення деталей, покритих цим зносостійким композиційним покриттям є доволі складною та дорогою (наприклад, застосування лазерного оплавлення або створення композиційних покриттів із дефіцитних та вартісних складників), потребує спеціального обладнання, висококваліфікованих спеціалістів.

Формулювання мети досліджень. Мета дослідження – створити технологічний процес відновлення спрацьованих поверхонь деталей машин з композитним зносостійким поверхневим робочим шаром для збільшення ресурсу роботи деталей типу тіл обертання, підвищення їх надійності та довговічності.

Виклад основного матеріалу досліджень. Запропоновано комплексний метод хімічної обробки і дифузійного хромування відновлення деталей машин, що складається з попередньої механічної обробки заготовки – нанесення Ni-Co-P хімічного покриття і хіміко-термічної обробки – дифузійного хромування у порошковому середовищі та фінішної механічної обробки. Така схема зміцнення дає змогу отримувати гетерогенні покриття із потрібними показниками якості робочих поверхонь деталей, змінюючи для цього режими комплексного методу.

Використання хіміко-термічної обробки (ХТО) як базової обробки комплексного методу хімічної обробки і дифузійного хромування має такі переваги: загальна обізнаність з технологією дифузійного насичення поверхонь деталей (майже на кожному машинобудівному підприємстві використовуються процеси хіміко-термічної обробки); недефіцитність та відносна простота обладнання (потрібне обладнання є на кожній термічній дільниці чи в термічному цеху підприємств); відносна простота проведення і керування процесом ХТО (більшість процесів є автоматизованими) тощо.

Перед зміцненням комплексним методом хімічної обробки і дифузійного хромування робочі поверхні спрацьованих деталей механічно обробляли відомими методами (точіння, фрезерування, шліфування тощо) для видалення модифікованого поверхневого спрацьованого шару та виправлення поверхні деталі до правильної геометричної форми. Механічну обробку потрібно проводити із врахуванням міжремонтних розмірів цієї деталі.

Традиційним дифузійним хромуванням отримують зміцнені шари завтовшки 15 – 30 мкм, які складаються з карбідів хрому $Cr_{23}C_6$ і Cr_7C_3 (рис. 1).

Згідно з проведеними дослідженнями [6–11] отримано зміцнене покриття, що складається з 4-х зон (рис. 2): зовнішньої композитної зони 1, яка складається із стовпчастих карбідів хрому в матриці твердого розчину Cr в α -Fe завтовшки до 250 мкм та інтегральною мікротвердістю 12 ГПа; зони 2 твердого розчину хрому в α -залізі завтовшки 30–40 мкм та мікротвердістю 4,5 ГПа; евтектоїдної зони 3 завтовшки близько 30 мкм та мікротвердістю 4 ГПа і знеуглецьованої зони 4 завтовшки 160–180 мкм та мікротвердістю 1,4–1,6 ГПа за феритною складовою, що переходить у серцевину матеріалу 5. Будова композитної зони 1 дає змогу значно підвищити ресурс роботи завдяки релаксації накопичених у ході роботи внутрішніх мікронапружень у м'якій фазі – твердому розчині хрому в α -залізі, в той час, коли основне навантаження сприйматиме тверда фаза – стовпчасті зерна карбіду хрому високої твердості (близько 18 ГПа).

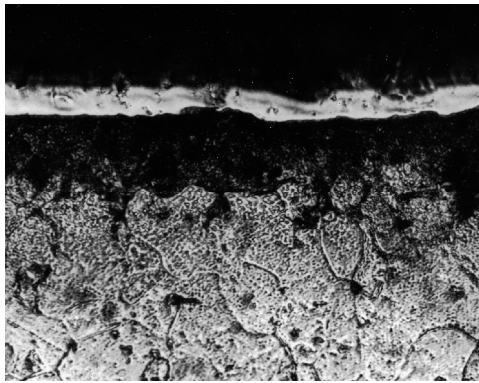


Рис. 1. Зміцнений шар, отриманий на сталі 45 дифузійним хромуванням (7 год за температури $T = 1050\text{ }^{\circ}\text{C}$)

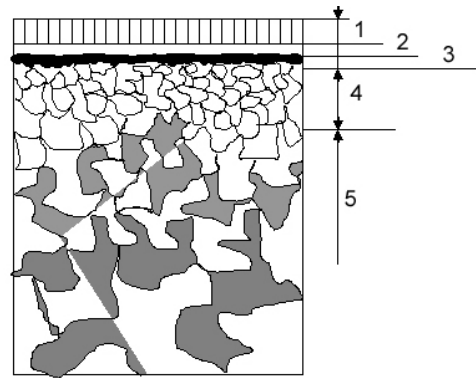


Рис. 2. Будова зміцненого шару, отриманого комплексним методом хімічної обробки і дифузійного хромування: 1 – композитна зона; 2 – зона твердого розчину хрому в α -залізі; 3 – евтектоїдна зона; 4 – знеуглецьована зона; 5 – серцевина деталі

Для визначення впливу хімічного покриття, зокрема його компонентів, запропоновано проводити хімічну обробку із п'яти різних рецептур. Хімічне покриття проведено із завантаженням $4\text{ дм}^2/\text{л}$, що уможливило зменшити час нанесення із 120 хв (під час використання промислового завантаження $7,2\text{ дм}^2/\text{л}$) до 45 хв.

Під час дифузійного хромування додатково вводилася ізотермічна витримка, яка дає змогу на початковій стадії хіміко-термічної обробки сформуватися глибшому шарові первинного розчину хрому в α -залізі, і відповідно композитної зони більшої товщини.

Хімічна обробка містить такі операції:

I. Приготування водяного розчину для хімічного покриття

Розчин для здійснення процесу хімічного осадження розробляється згідно з рецептурою та технологічним процесом. Для забезпечення перебігу реакції хімічного осадження фарфорову ванну підігрівають до температури $90\text{--}95\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Процес здійснюється у витяжній шафі.

II. Очищення деталей

Здійснюється очищення деталей від залишків мастила, бруду, стружки.

Очищення поверхонь зразків проводиться у ванні для миття деталей ОМ46-10.

III. Знежирення і зняття оксидної плівки поверхонь деталей

Включає в себе очищення від бруду і масел, знежирення та зняття оксидної плівки з поверхонь деталей. Здійснюється зануренням у спеціальну ванну, яка містить 50 %-й розчин соляної кислоти (НСІ).

Процес знежирення триває 20–30 с.

IV. Промивання деталей

Здійснюється у ванні із дистильованою водою зануренням та витриманням близько 1 хв з метою змивання залишків розчину соляної кислоти.

Для промивання зразків від залишків продуктів покриття застосовується промивальне обладнання «Промивка-2000 КШ 29/32».

V. Нанесення хімічного покриття

Зразки занурюють у розчин у підвішеному стані і запускають реакцію відновлення за допомогою цинкової палички. Поява пухирців на поверхні зразків свідчить про початок реакції. Із збільшенням температури виділення водню посилюється, що вказує на інтенсивність процесу.

У ході процесу рН знижується і відновлення його до потрібного рівня регулюється періодичним поповненням розчину аміаку.

Контроль рівня рН здійснюється лакмусовим папірцем.

Час осадження у розчині з густиною завантаження $7,2\text{ дм}^2/\text{л}$ залежить від рецептури розчину і обчислюється кількома десятками хвилин (у нашому випадку – 150 хв). Із збільшенням густини завантаження час відповідно зменшують. Наприклад, під час завантаження $1\text{ дм}^2/\text{л}$ час осадження триває 20–25 хв.

VI. Промивання зразків

Після проведення процесу осадження, зразки виймають із ванни з розчином і проводять промивання струменем води приблизно 3–5 хв. Чим складніша за конфігурацією деталь, тим ретельніше і триваліше потрібно проводити процес промивання.

VII. Просушування зразків

Проводиться у сушильних шафах 15–20 хв за температури 70–80 °С.

Просушування деталей із нанесеним хімічним покриттям здійснюється у сушильній шафі моделі СНВС–4.5.3.4/3-ІІ.

VIII. Контрольна операція

Контроль покриттів на деталях проводять візуально на наявність їх суцільності, що може спостерігатись у місцях дотику деталей одна до одної.

Проводиться також вибірковий контроль твердості та товщини отриманого покриття.

Хіміко-термічну обробку (дифузійне хромування) проводять за температури 1050 °С. Під час нагрівання, за досягнення визначеної температури проводять ізотермічну витримку. Введення ізотермічної витримки дало змогу сформувати потужнішу первинну зону твердого розчину хрому в α -залізі. Це пов'язано з тим, що за температури ізотермічної витримки в реторті проходить підвищена адсорбція хрому з атмосфери суміші для хромування, оскільки маємо розплавлене Ni-Co-P хімічне покриття на поверхні деталі.

Для проведення процесу дифузійного хромування застосовується електропіч із діапазоном температур 0–1600 °С із контрольною термопарою хромель-алюмель, деталі поміщають у реторти із плавким затвором, виготовлені із жаростійкої сталі 20X23H18 ГОСТ 7350-77.

Дифузійне хромування містить такі операції:

1. Приготування суміші для дифузійного хромування.

Застосовується порошкова суміш складу: 60 % ферохрому, 33 % оксиду алюмінію (Al_2O_3), 7 % хлористого амонію (NH_4Cl). У хромуючих сумішах застосовано низьковуглецевий ферохром (не більше 1 % C), марок Хр0000, Хр000, Хр00, Хр0, Хр01, Хр1., із величиною фракції менше 0,15–0,35 мм.

2. Прогартовування суміші у реторті із плавким затвором.

Завантаження і прогартування суміші для дифузійного хромування у реторті із плавким затвором протягом 1 год за температури $T = 1050$ °С.

Проводиться в електропечі із діапазоном температур 0–1600 °С із контрольною термопарою хромель-алюмель, заготовка поміщається в реторту із плавким затвором, виготовлену із жаростійкої сталі 20X23H18 ГОСТ 7350-77.

3. Знежирення поверхні заготовки.

Знежирення поверхні заготовки, покритої Ni-Co-P хімічним покриттям, проводиться ацетоном або технічним спиртом.

4. Завантаження заготовок у реторту із сумішшю для хромування і встановлення плавкого затвора.

Завантаження заготовок у реторту із сумішшю для хромування і встановлення плавкого затвора, витримуючи товщину хромованої суміші біля робочих поверхонь заготовки не менше 15–20 мм.

Заготовка поміщається в реторту із плавким затвором, виготовлену із жаростійкої сталі 20X23H18 ГОСТ 7350-77.

5. Ізотермічна витримка

Проводиться нагрівання до температури $T = 800$ °С і витримується за цієї температури 1 год.

Проводиться в електропечі із діапазоном температур 0–1600 °С із контрольною термопарою хромель-алюмель, заготовка поміщається в реторту із плавким затвором, виготовлену із жаростійкої сталі 20X23H18 ГОСТ 7350-77.

6. Дифузійне хромування

Проводиться дифузійне хромування за температури $T = 1050$ °С. Вистигання проводиться разом із пічкою.

Проводиться в електропечі із діапазоном температур 0–1600 °С із контролюючою термопарою хромель-алюмель, заготовка поміщається в реторту із плавким затвором, виготовлену із жаростійкої сталі 20Х23Н18 ГОСТ 7350-77.

7. Очищення заготовки

Для очищення заготовки від залишків продуктів покриття застосовується промивальне обладнання «Промивка-2000 КШ 29/32».

8. Контроль

Контролюються візуально заготовки на наявність дефектів покриття. Контролювати товщину дифузійного шару – вибірково 5 % заготовок.

Здійснюється вибірковий контроль твердості та товщини отриманого покриття, для чого використовується: прилад для вимірювання мікротвердості отриманого покриття ТІК2–ПМТ-3 згідно з ГОСТ 10717-75, мікрометр МК 25 – згідно з ГОСТ 6507-78, індикатор ИГП – згідно з ГОСТ 577-60.

Трибологічні дослідження показали, що зносостійкість пар тертя, де тілом є деталь, зміцнена комплексним методом, а контртілом є борована деталь, що збільшується порівняно із традиційною парою тертя (гартована сталь – бронза) у 10 разів.

Висновки. Створення технологічного процесу відновлення спрацьованих поверхонь деталей машин з композитним зносостійким поверхневим робочим шаром для збільшення ресурсу роботи деталей типу тіл обертання є новим методом зміцнення та відновлення деталей, що істотно підвищує їх надійність та довговічність.

1. Дроздов Ю.Н. Усов С.В. Использование комбинированных технологических методов для повышения износостойкости деталей машин // Вестн. машиностр.– 1985.– №10.– С.9–11. 2. Luchka M.V., Kindrachuk M.V., Mechalovich Y.N. The strenghtening and reduction of surfaces of sliding by gradient coating. // Problems of Tribology. – 2000. – №2. 3. Антонюк В.С., Выслоух С.П., Мазур В.А., Самотугин С.С. – Оптимизация технологических параметров процесса формирования упрочняющих покрытий. // Технологические системы. – № 4.– 2003. – С.44–47. 4. Варюхно В.В., Гулевец В.Д., Харченко Е.В. Износостойкие газотермические безникелевые покрытия // Проблемы техники. – №3. – 2003. – С.87–93. 5. Пашечко М.І., Ленік К.С., Шевчук Я.М. – Підвищення зносостійкості диска копача коренезбиральної машини КС-6Б нанесенням евтктичних покриттів системи Fe-Mn-C-B-Si-Cr // Проблеми трибології (Problems of Tribology). – 2003. – №2. – С.153–157. 6. Пат. №38153 А Україна, МПК С23С10/02. Спосіб отримання комбінованого покриття на залізовуглецевих сплавах / Стецьків О.П., Манько О.В., Стецько А.Є. (UA); заявник і патентовласник Українська академія друкарства (UA); 2000063179; заявл. 02.06.2000, опубл. 15.05.2001; Бюл. №4. 7. Пат. №47261 А Україна, МПК С23С10/02. Спосіб отримання комбінованого покриття поверхонь деталей пар тертя із залізовуглецевих сплавів / Стецьків О.П., Манько О.В., Стецько А.Є. (UA); заявник і патентовласник Українська академія друкарства (UA); 2001096617; заявл. 27.09.2001, опубл. 17.06.2002; Бюл. №6. 8. Пат. №47783 А Україна, МПК С23С10/02. Спосіб отримання комбінованого покриття на деталях із залізовуглецевих сплавів / Стецьків О.П., Манько О.В., Стецько А.Є. (UA); заявник і патентовласник Українська академія друкарства (UA); 2001096303; заявл. 13.09.2001, опубл. 15.07.2002; Бюл. №7. 9. Пат. №56472 А Україна, МПК С23С10/02. Спосіб отримання комбінованого покриття деталей машин із залізовуглецевих сплавів / Стецьків О.П., Манько О.В., Стецько А.Є. (UA); заявник і патентовласник Українська академія друкарства (UA); 2002064633; заявл. 06.06.2003, опубл. 15.05.2003; Бюл. №5. 10. Пат. №77102 Україна, МПК С23С10/02. Спосіб отримання композиційного дифузійного покриття на швидкозношуваних поверхнях деталей із залізовуглецевих сплавів / Стецько А.Є., Манько О.В. (UA); заявник і патентовласник Українська академія друкарства (UA); а200501898; заявл. 01.03.2005, опубл. 16.10.2006; Бюл. №10. 11. Пат. №39738 Україна, МПК С23С8/00. Спосіб отримання комбінованого покриття на мідних сплавах / Маїк В.З., Іванчишин Г.М., Манько О.В., Стецько А.Є. (UA); заявник і патентовласник Українська академія друкарства (UA); u200811849; заявл. 06.10.2008, опубл. 10.03.2009; Бюл. №5.