

СУЧАСНІ МЕТОДИ ЗМІЦНЕННЯ І ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ПАР ТЕРТЯ. ЧАСТИНА 2

Косарчук В.В., доктор технічних наук, Державний економіко-технологічний університет транспорту, Київ, Україна

Кульбовський І.І., кандидат технічних наук, Державний економіко-технологічний університет транспорту, Київ, Україна

Агарков О.В., кандидат технічних наук, Державний економіко-технологічний університет транспорту, Київ, Україна

MODERN METHODS STRENGTHEN AND IMPROVE THE WEAR RESISTANCE OF FRICTION PAIRS. PART 2

Kosarchuk V.V., Ph.D., Engineering (Dr.), State Economy and Technology University of Transport, Kyiv, Ukraine

Kulbovskiy I.I., Ph.D., State Economy and Technology University of Transport, Kyiv, Ukraine

Agarkov O.V., Ph.D., State Economy and Technology University of Transport, Kyiv, Ukraine

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ УПРОЧНЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПАР ТРЕНИЯ. ЧАСТЬ 2

Косарчук В.В., доктор технических наук, Государственный экономико-технологический университет транспорта

Кульбовский И.И., кандидат технических наук, Государственный экономико-технологический университет транспорта

Агарков А.В., кандидат технических наук, Государственный экономико-технологический университет транспорта

Підвищення зносостійкості пар тертя є актуальною проблемою сьогодення. В попередній статті [1] авторами розглядалися методи зміцнення пар тертя шляхом хіміко-термічної обробки поверхні матеріалів. Продовжимо огляд методів поверхневого зміцнення.

Гальванічні (електролітичні) покриття, як правило, сильно знижують (до 50%) характеристики опору втомі матеріалу деталі через сильне наводнення поверхневого шару матеріалу. Такі покриття (хромовані, нікельовані) найчастіше використовують в якості декоративних захисних покриттів на деталях, які не працюють в умовах контактних навантажень. У той же час в практиці ремонтно-відновлювальних робіт часто використовується процес гальванічного залізнення зношених деталей. Електролітичне залізнення може бути також проміжною операцією при створенні багатокомпонентних покриттів.

Поверхнєве загартування струмами високої частоти - один з найбільш широко застосовуваних в даний час способів зміцнення поверхні. В даний час це основний метод зміцнення рейок і бандажів вагонних коліс, що дозволяє істотно збільшити їх зносостійкість. Основним недоліком цього методу є отримання покриттів з високим градієнтом твердості від зміцненого шару вглиб деталі, що в умовах контактної втоми при коченні може призводити до утворення втомних тріщин на поверхні розділу «покриття - основний матеріал».

Детонаційне об'ємне легування засноване на явищі масопереносу легуючих елементів всередину матеріалу при впливі ударних хвиль. Зазвичай обробляють заготовки під деталь, оскільки під дією ударної хвилі відбуваються досить значні пластичні деформації матеріалу. Легуючий матеріал у вигляді порошку поміщається на поверхні заготовки, покривається шаром нейтральної речовини, на якому розміщені заряди вибухової речовини. Ця методика дозволяє досягати (залежно від інтенсивності ударної хвилі) великих глибин легування (до 15 ... 20 мм). Дані технології вже використовуються в даний час при створенні зносостійких деталей бурильного устаткування та інших видів різального інструменту.

Іншими видами детонаційних покриттів є детонаційне напилення і детонаційна плакіровка. Ці методики дозволяють створювати багатошарові покриття, проте в цих технологіях можливо

окрихчування матеріалу деталі внаслідок пластичної його деформації при впливі ударних хвиль великої інтенсивності.

Після детонаційної обробки завжди необхідні фінішні операції механо-термічної обробки.

Більшість зазначених технологій перебувають поки в стадії розробки і дослідження.

Методика лазерного зміцнення [2] заснована на ефекті локального плавлення поверхневих об'ємів матеріалу деталі під впливом лазерного променя і потім швидкого їх охолодження, що призводить до формування поліпшеної кристалічної структури поверхневих шарів матеріалу. Про вплив лазерного зміцнення на властивості поверхні відомості суперечливі. Так, на вуглецевих сталях можна отримати збільшення границі витривалості до 30%, збільшення зносостійкості в 2 ... 3 рази. У той же час для евтектоїдних сталей при лазерній обробці без оплавлення поверхні втомна міцність підвищується на 70%, а при оплавленні – навіть знижується. Втомна міцність сталі 30ХГСНА падає з 540 МПа до 350 МПа, що пов'язано з утворенням в приповерхневому шарі крихкої мартенситної структури і залишкових напружень розтягу. Обробка тонкостінних виробів лазерним променем може викликати значне їх викривлення.

В даний час можливості лазерної технології зміцнення елементів конструкцій і деталей машин залізничного транспорту ще недостатньо досліджені, що стримується високою вартістю устаткування.

Останнім часом інтенсивно розвиваються технології зміцнення, засновані на застосуванні методу іонної імплантації [3,4]. Нова технологія дозволяє впровадити в поверхню певну кількість практично будь-якого хімічного елемента шляхом її бомбардування прискореними в електростатичному полі іонами домішки речовини. Впроваджені іони з'єднуються з атомами основної речовини, утворюючи поверхневий шар товщиною кілька десятитисячних часток міліметра, який розташовується на заздалегідь заданій глибині (рис. 1).

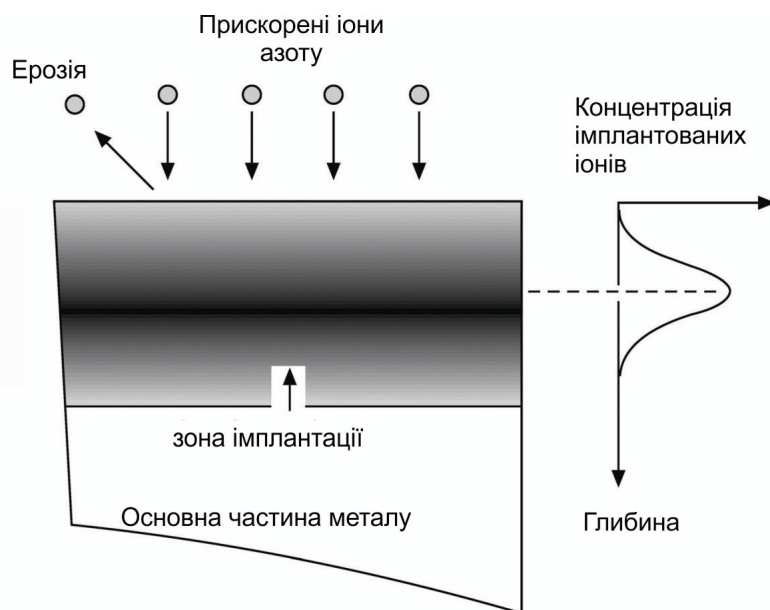


Рисунок 1 – Процес імплантації азоту [5]

Іони створюються в спеціальній камері з прискорювачем (рис. 2), в якому електрони, що випускаються ниткою розжарювання, розганяються в електричному полі.

Якщо речовина, що іонізується, має газоподібну форму, то вона безпосередньо вводиться в камеру. У зіткненнях з прискореними електронами атоми втрачають свої електрони, газ іонізується, і утворюється плазма. Летючі тверді речовини (зокрема, деякі метали) випаровують в спеціальній печі, яка сполучається з плазмовою камерою; потім вони проникають в камеру, де іонізуються швидкими електронами.

Для нелетких речовин процес нанесення покриття дещо ускладнюється. В камері розміщують пластину з такої речовини та іонізують газ (зазвичай нейтральний аргон). Пластина отримує негативний заряд; вона притягує позитивні іони газу, які при зіткненні з поверхнею вибивають частину атомів речовини. При цьому поверхня пластини настільки нагрівається, що атоми випаровуються; вільні атоми іонізуються швидкими електронами.

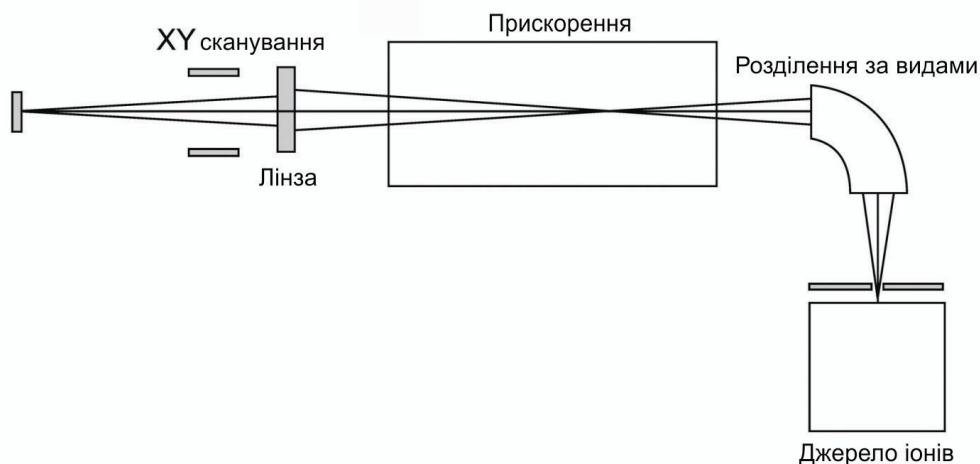


Рисунок 2 – Схема іонного імплантатора [5]

Отримана плазма відводиться з камери електричним полем, потім іонний пучок «очищують» за допомогою постійних магнітів, фокусують і прискорюють електростатичним полем. Прискореним пучком іонів діаметром зазвичай кілька сантиметрів бомбардують мішень (поверхня деталі). Для створення рівномірного покриття пучок відхиляють в ту чи іншу сторону за допомогою електричних полів або переміщують мішень.

Існує багато різновидів класичного методу іонної імплантації (наприклад, КІБ-метод (метод катодно - іонного бомбардування) та ін.) Однією з переваг зазначених методик в порівнянні з методами хіміко - термічної обробки є можливість локального зміцнення окремих ділянок поверхні деталі.

Зазначена технологія може застосовуватись як для зміни електричних властивостей напівпровідників (в цьому випадку концентрація домішок становить кілька часток на мільйон), так і для зміни механічних властивостей металів і сплавів (концентрація домішок у цьому випадку повинна становити від декількох до кількох десятків атомних відсотків). Тому в останньому випадку потрібні тривалі експозиції і застосування прискорювачів, що створюють потужні потоки іонів. Вартість такої апаратури в даний час достатньо висока.

Покриття, створені методом іонної імплантації, відрізняються дуже хорошими експлуатаційними характеристиками в умовах зносу, вони практично ніколи не відшаровуються, добре витримують підвищені температури, добре працюють в агресивних середовищах. Прикладом може служити азотування, яке часто застосовують для обробки опорних поверхонь деталей клапанів і циліндрів у двигунах внутрішнього згорання. При використанні методів ХТО [1] виріб нагрівають до 500°C в атмосфері, збагаченій азотом, зазвичай у вигляді аміаку. Азот дифундує в поверхню, де взаємодіє з залізом, утворюючи дрібні кристали нітриду, вкраплені в кристалічну структуру сталі. Процес азотування сталі можна здійснити і методом іонної імплантації, при цьому можна досягти концентрації азоту в 20 ... 40 ат.% (атомних відсотків) за цілком прийнятний час. При цьому на відміну від ХТО іонне азотування практично не змінює розмірів деталі, тому часто фінішна механічна обробка деталі не потрібна. Зносостійкість зазначених деталей при такій обробці може підвищитися майже в 5 разів.

Механічні характеристики матеріалу деталей, зміцнених методами іонної імплантації, в цілому вище, ніж зміцнених методами ХТО. Так, циклічна міцність середньовуглецевої сталі при іонній цементації на 15% вище, ніж при газовій цементації.

Іонне азотування деяких титанових сплавів дозволяє знизити величину зносу в умовах сухого тертя майже в 1000 разів, при цьому величина коефіцієнта тертя зменшується майже в три рази. Такий ефект досягається завдяки тому, що на поверхні деталей утворюється шар оксиду, який діє як тверде мастило.

Іноді підвищення зносостійкості при іонній імплантації є результатом фазових перетворень у поверхневих шарах матеріалу. Так, при обробці нержавіючої сталі пучками вуглецю і титану, на поверхні деталі утворюється аморфний (склоподібний) шар, який містить по 20 ат.% кожного елемента. Таку фазу не можна одержати ніяким іншим методом. Коефіцієнт тертя сталі знижується майже вдвічі, а її зносостійкість зростає в 10 разів [6].

Однак через малу товщину покриттів вони погано захищають деталі, що працюють в умовах високих контактних навантажень, характерних для умов експлуатації елементів конструкцій залізничного транспорту. Крім того, через складність і громіздкість апаратури створення покриттів на великогабаритних деталях достатньо проблематично. В основному методи іонної імплантації використовуються для зміцнення поверхні та підвищення зносостійкості прецизійних деталей вимірювальних пристроїв, підшипників гіроскопів і реактивних двигунів, штампів та інших видів різального інструменту, хірургічних інструментів тощо

Одним з різновидів методу іонної імплантації є метод іонного змішування. У цьому процесі речовина, яка імплантується, осідає з парів у вигляді тонкої плівки; одночасно або слідом за цим поверхня обробляється іонним пучком. При цьому осаджена речовина змішується з матеріалом підкладки. У такому процесі необхідна менша тривалість експозиції, тому він більш економічний.

Технології, засновані на методі іонної імплантації, дозволяють створювати захисні покриття не тільки на металевих матеріалах, а й на кераміці, пластмасі та ін.

Методи зміцнення поверхневою пластичною обробкою (дробоструминна обробка, обкатка роликками та ін.) давно застосовуються в промисловості. Вони застосовуються, в основному, для обробки сталей. Такий вид обробки призводить до збільшення міцності поверхні матеріалу деталі (границі текучості, твердості). Однак при цьому може спостерігатися зниження деформаційних характеристик матеріалу, що в ряді випадків є причиною виникнення такого явища, як схильність матеріалу до крихкого руйнування, особливо якщо конструкції експлуатуються при знижених температурах.

Правка рейок роликками може призводити до появи неоднорідних (періодичних за довжиною) полів залишкових напружень, що, на думку деяких авторів, є однією з причин, що викликають хвилястий знос рейкових ниток.

Технології електродугового та плазмово-порошкового наплавлення, газотермічного напилення використовуються, в основному, для відновлення зношених деталей в ремонтному виробництві. Таким чином відновлюють корпус букс, ножі меліоративних машин, стрілки, хрестовини стрілочних переводів, деякі деталі двигунів внутрішнього згоряння та ін.

При плазмовому напавленні джерелом теплоти служить плазмова дуга, а присадними або електродними матеріалами - суцільні або порошкові дроти, гранульовані порошки. Завдяки можливості регулювання в широкому діапазоні співвідношення між тепловою потужністю дуги і подачею присадочного матеріалу більшість способів плазмового наплавлення забезпечують високу продуктивність (до 10 кг наплавленого металу на годину) при мінімальному проплавленні основного металу. Оброблюваний виріб можна включати (наплавлення плазмовим струменем) або не включати (наплавлення плазмовою дугою) в зварювальний ланцюг. Найбільш універсальним методом є плазмово-порошкове наплавлення. Наплавними матеріалами служать порошки на основі нікелю, кобальту, заліза і міді. Порошок самофлюсуючихся Ni-Cr-Si-BC-сплавів (відомих під назвою «колмоної») використовують для відновлення і зміцнення дисків, золотників і сідел арматури різного призначення, валів, втулок, кілець ущільнювачів відцентрових насосів, деталей металургійного обладнання та ін. Напавлений ними метал має гарну зносостійкість при нормальній і підвищеній температурах, жароміцність і жаростійкість, достатню корозійну стійкість. Твердість наплавленого матеріалу досягає 60 HRC. Порошки сплавів на основі кобальту («стеліти») призначені для наплавлення деталей запірної арматури, клапанів і сідел двигунів внутрішнього згоряння, інструменту для гарячого деформування металів, ножів для різання целюлози та ін.

Для реалізації зазначених методів наплавлення створено автоматизоване високопродуктивне обладнання, яке дозволяє в стаціонарних умовах виконувати необхідні операції. У польових умовах використовують, в основному, електродугове наплавлення. Однак у цьому випадку продуктивність праці різко знижується і якість напавлених виробів нестабільна.

У всіх випадках після наплавлення необхідно виконувати механічну, а часто і термічну обробку деталі для поліпшення структури наплавленого шару і зменшення залишкових напружень.

Що стосується зносостійкості напавлених матеріалів, то слід зазначити, що прагнення багатьох дослідників пропонувати варіанти технології з орієнтацією на отримання шарів з максимальною мікротвердістю неповністю обґрунтовані, оскільки однозначний зв'язок між збільшенням мікротвердості і зростанням зносостійкості відсутній. Тут важлива не тільки твердість поверхневого шару, але і його структура.

Практично всі розглянуті методи нанесення покриттів в їх вихідній (традиційній) інтерпретації дозволяють створювати на поверхні деталі більш-менш однорідний шар з поліпшеними характеристиками міцності, твердості і зносостійкості. Однак такі покриття володіють і рядом

недоліків. Так, відмінність в коефіцієнтах лінійного розширення покриття і основного матеріалу може призводити до виникнення термічних напружень на межі розділу при зміні температури. Традиційні покриття часто мають високу твердість, але малу деформативність, що може призвести до руйнування покриття при пластичній деформації деталі в процесі експлуатації. При цьому покриття можуть мати високі градієнти твердості від поверхні вглиб деталі, що може служити причиною виникнення втомних тріщин на межі розділу при циклічному навантаженні, характерному для умов експлуатації машин, і наступним швидким руйнуванням покриття.

У цьому зв'язку останнім часом почався перегляд поглядів на ефективність традиційних методів нанесення покриттів (у тому числі і розглянутих вище). Як вже зазначалося, більшість розглянутих технологій дозволяють створювати на поверхні деталі суцільні одношарові покриття, недоліки яких очевидні. Тому останнім часом намітилися дві основні тенденції в розробці захисних покриттів - це створення багатшарових та / або багатокомпонентних суцільних покриттів (суцільних композиційних покриттів - СКП-покриттів) і дискретних композиційних покриттів (ДКП-покриттів).

Багатшарові покриття в цілому багатофункціональні. Вони можуть поєднувати високу твердість, зносостійкість, стійкість до окиснення, низький коефіцієнт тертя і т.п. Кожен шар в такому покритті виконує свою власну функцію. Нові технології дозволяють створювати покриття, що складаються з великої кількості дуже тонких (до 1 мкм) шарів, що забезпечує плавну зміну фізико-механічних характеристик покриття від поверхні до основи. Такі покриття практично ніколи не відшаровуються навіть при роботі в екстремальних умовах контактної циклічної взаємодії пар тертя.

Кожен шар в багатшаровому покритті може мати постійний хімічний склад або змінний.

Багатшарові покриття з постійним хімічним складом кожного шару часто наносяться методами стадійної хіміко-термічної обробки. Так, наприклад двошарове покриття $TiN - TiC$ з зовнішнім шаром TiN істотно підвищує стійкість твердосплавного різального інструменту в порівнянні з одношаровим TiC - покриттям. При точінні низьколегованої сталі одношарове покриття підвищує стійкість різця в 1,5 рази, а двошарове покриття – в 2,5 рази.

Якщо між зазначеними шарами нанести шар карбонітрида титану, то стійкість такого покриття буде ще вище.

Найбільш перспективними технологіями створення багатшарових і багатокомпонентних СКП-покриттів є технології, засновані на методі іонної імплантації. Проте в даний час частіше використовуються технології, що поєднують обробку поверхні декількома методами - стадійна ХТО + обробка лазером, іонна імплантація + імпульсне гартування і ін. Варіантів тут безліч і в даний час в цій області проводяться інтенсивні дослідження. Так, наприклад, розроблено технології підвищення стійкості ріжучого інструменту з інструментальних сталей, що включають операції азотування з наступним фосфатуванням, іонного або газового азотування з наступним вакуумним напиленням карбиду титану та ін. Стійкість різального інструменту з такими покриттями зростає на 15 ... 20%.

Іонна імплантація одного з тугоплавких металів (W , Mo , Nb та ін.) в метал ріжучої кромки кільцевих пил і наступне імпульсне гартування дозволяє збільшити стійкість такого інструменту в 8 разів.

Слід зазначити, що надійні, в сенсі повторюваності, результати при нанесенні багатшарових або багатокомпонентних покриттів виходять не завжди, тому що якість багатшарового покриття залежить від якості кожного шару. Тому при нанесенні таких покриттів особливу увагу слід звернути на суворе дотримання технологічних режимів і контроль якості нанесення шарів.

Послідовне застосування різних технологій для створення СКП-покриттів значно збільшує вартість обробки деталі, оскільки в цьому випадку потрібно різномірне (часто вельми дороге) обладнання. Тому створення таких покриттів не завжди економічно доцільне.

На жаль, в дослідженнях мало приділяється уваги оцінці економічної ефективності того чи іншого способу нанесення покриття.

Друга сучасна тенденція в розробці захисних покриттів - це створення дискретних композиційних покриттів (ДКП-покриттів), під якими розуміються покриття, що складаються з декількох легуючих елементів і утворюють на поверхні деталі не суцільний шар, а окремі "острівці". Такі покриття також можуть бути багатшаровими.

Технології, які дозволяють створювати ДКП-покриття, вивчені порівняно мало. Тим не менш, експериментально встановлено, що зносостійкість дискретних покриттів в цілому вище, ніж суцільних за умови використання однакових, вірніше однотипних, технологій [7,8]. Так, в роботі [8] наведені дані про порівняльну зносостійкість дискретних і суцільних покриттів, нанесених методами лазерної обробки, катодно-іонного бомбардування, плазмової і іонно-плазмової обробки.

Експериментально встановлено, що зносостійкість дискретних покриттів виявилася в 1,5...3 рази вище, ніж суцільних, нанесених за такою ж технологією.

Цей факт ми ще обговоримо в наступних публікаціях. Тут відзначимо лише, що не всі технології допускають можливість нанесення дискретних покриттів. Так, процеси хіміко-термічної обробки за своєю суттю дозволяють створювати лише суцільні покриття, більше того, в більшості випадків вони створюють покриття на всій поверхні деталі, а не тільки на контактуючих поверхнях, що і економічно недоцільно і ускладнює фінішну механічну обробку деталі.

З розглянутих вище технологій для нанесення дискретних покриттів найкращим чином підходять технології, засновані на методах лазерного зміцнення та іонної імплантації.

Особливе місце займають технології нанесення покриттів методом електроіскрового легування, який за своєю суттю дозволяє наносити лише дискретне покриття на поверхню деталі.

Метод електроіскрового легування (ЕІЛ) заснований на явищі електричної ерозії і полярного перенесення матеріалу електрода на поверхню деталі при протіканні електричних розрядів в газовому середовищі. У процесі полярного перенесення газоподібної і рідкої фази матеріалу електрода, взаємного перемішування і дифузійного впровадження на поверхні деталі формується шар, що складається в основному з матеріалу анода, а також з інтерметалідів, нітридів, карбідів і ін. Залежно від потужності електричного розряду можна модифікувати досить значний шар поверхні деталі (до 4 мм). Застосовуючи послідовну електроіскрову обробку різними електродами, в даній технології можна ефективно управляти властивостями нанесеного покриття. Детальніше переваги та недоліки цієї методики будуть розглянуті в наступних публікаціях.

На закінчення огляду відзначимо, що критеріями вибору технології нанесення захисного покриття на поверхню деталі є, на наш погляд, наступні основні критерії:

- Критерій економічності (вартість технологічного обладнання для нанесення покриття, вартість витратних матеріалів та їх підготовки (наприклад, виготовлення порошків), енергоємність технології, вартість фінішної обробки деталі, необхідна кваліфікація обслуговуючого персоналу та ін.);

- Критерій екологічності (вартість заходів щодо зниження шкідливого впливу технології на навколишнє середовище і обслуговуючий персонал);

- Критерій автоматизації (можливість автоматизації або роботизації технології з автоматичним контролем якості нанесення покриття);

- Критерій технологічності (продуктивність технології, можливість застосування технології в «польових» умовах, мінімум технологічної оснастки, простота обладнання та його надійність, забезпечення повторюваності результатів, забезпечення необхідного рівня параметрів покриття – міцнісних, деформаційних, теплофізичних властивостей покриття, зносостійкості, корозійної, адгезійної і когезійної стійкості та ін.).

Якщо розглянути перераховані вище технології зміцнення на предмет задоволення їх зазначеним критеріям, то можна зробити висновок, що більшість з них задовольняє лише одному-двом з них.

Так, наприклад, багато технологій, в основі яких лежать процеси хіміко-термічної обробки, дуже енергоємні (іноді до 120 кВт / год на 1 кг деталі), дозволяють наносити покриття не на всю поверхню деталі, не дозволяють обробляти деталі великих розмірів (рейки), не застосовні в польових умовах і т.д.

Технології, засновані на методі іонної імплантації, дозволяють створювати достатньо якісні покриття, проте застосовні лише в стаціонарних умовах, вимагають застосування дорогого устаткування, високої кваліфікації персоналу, не застосовні для обробки великогабаритних деталей і т.д.

Методи наплавлення придатні в основному для відновлення деталей, дуже енергоємні, поверхня наплавлення вимагає механічної обробки, в польових умовах малопродуктивні, не забезпечують повторюваності результатів і т.д.

У цьому зв'язку перспективними, на наш погляд, є технології зміцнення, засновані на методі електроіскрового легування. Вони дозволяють створювати композиційні покриття, дискретні за своєю природою, придатні для автоматизації процесу обробки, дозволяють наносити покриття лише на окремі частини деталі, застосовні в польових умовах і для обробки великогабаритних деталей, помірно енергоємні, не вимагають застосування гостродефіцитних матеріалів, не вимагають високої кваліфікації обслуговуючого персоналу. У той же час застосування таких технологій забезпечує отримання покриття, властивостями якого (механічними, теплофізичними і ін.) можна управляти, пристосовуючи його до роботи в певних умовах експлуатації. Одним із суттєвих недоліків даної технології є те, що після нанесення покриття деталь необхідно піддавати фінішній механічній

обробці. Однак у разі застосування ЕІЛ-методу для створення захисних зносостійких і зміцнюючих покриттів на рейках така фінішна обробка не потрібна, оскільки при контакті вагонних коліс з рейкою відбувається поверхневе пластичне деформування останніх і мікронерівності згладжуються.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Косарчук В.В. Сучасні методи зміцнення і підвищення зносостійкості пар тертя / Косарчук В.В., Кульбовський І.І., Агарков О.В. // Вісник Національного транспортного університету. – К.:НТУ,2014. – Випуск 31. – 6 с.
2. J. Lawrence, J. Pou, D. K. Y. Low and E. Toyserkani. Advances in Laser Materials Processing. Technology, Research and Application. – Woodhead Publishing – 2010 – 806 p.
3. Morehead F., Crowder B. Ion implantation // Scientific American. – 1973. – v. 228. – № 4. – p.64 – 71.
4. Nastasi, M., Hirvonen, J.K. and Mayer, J.W. (1996) Ion-Solid Interactions: Fundamentals and Applications, Cambridge, Cambridge University Press.
5. Mittemeijer, E. J., & Somers, M. A. J. (Eds.). Thermochemical surface engineering of steels. Woodhead Publishing. – 2015.
6. Picraux S.T., Pope L.E. Tailored surface modification by ion implantation and laser treatment // Science. – 1984. – v. 226. – № 4675. – p. 615 – 622.
7. Ляшенко Б.А., Кузема Ю.А., Дигам М.С., Цыгулев О.В. Упрочнение поверхности металлов покрытиями дискретной структуры с повышенной адгезионной и когезионной стойкостью // Препринт. – Киев: Институт проблем прочности АН УССР. – 1984. – 57 с.
8. Андреев С.А., Антонюк В.С. Влияние дискретности поверхностной структуры на энергетическую приспособляемость пары трения // Збірник наукових праць ХДПУ. – Харків. – 1999. – с. 9 – 14.

REFERENCES

1. Kosarchuk V.V. Suchasni metody zmitsnennia i pidvyshchennia znosostiikosti par tertia / Kosarchuk V.V., Kulbovskiy I.I., Aharkov O.V. // Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu. – K.:NTU,2014. – Vypusk 31. – 6 s.(Ukr)
2. J. Lawrence, J. Pou, D. K. Y. Low and E. Toyserkani. Advances in Laser Materials Processing. Technology, Research and Application. – Woodhead Publishing – 2010 – 806 p.
3. Morehead F., Crowder B. Ion implantation // Scientific American. – 1973. – v. 228. – № 4. – p.64 – 71.
4. Nastasi, M., Hirvonen, J.K. and Mayer, J.W. (1996) Ion-Solid Interactions: Fundamentals and Applications, Cambridge, Cambridge University Press.
5. Mittemeijer, E. J., & Somers, M. A. J. (Eds.). Thermochemical surface engineering of steels. Woodhead Publishing. – 2015.
6. Picraux S.T., Pope L.E. Tailored surface modification by ion implantation and laser treatment // Science. – 1984. – v. 226. – № 4675. – p. 615 – 622.
7. Lyashenko B.A., Kuzema Yu.A., Digam M.S., Tsyigulev O.V. Uprochnenie poverhnosti metallov pokrytityami diskretnoy strukturyi s povyishennoy adgezionnoy i kogeziionnoy stoykostyu // Preprint. – Kiev: Institut problem prochnosti AN USSR. – 1984. – 57 s.(Rus)
8. Andreev S.A., Antonyuk V.S. Vliyanie diskretnosti poverhnostnoy strukturyi na energeticheskuyu prisposoblyaemost paryi treniya // Zbirnik naukovih prats HDPU. – Harkiv. – 1999. – s. 9 – 14.(Rus)

РЕФЕРАТ

Косарчук В.В. Сучасні методи зміцнення і підвищення зносостійкості пар тертя / В.В. Косарчук, І.І. Кульбовський, О.В. Агарков // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2016. – Вип. 1 (34).

В статті розглянуті методи зміцнення поверхонь, що працюють в умовах контактної взаємодії, проаналізовано недоліки та переваги різних методів.

Об'єкт дослідження – контактуючі поверхні пар тертя.

Мета роботи – провести аналіз різних методів зміцнення контактуючих поверхонь пар тертя, встановити переваги і недоліки кожного методу, запропонувати раціональні методи зміцнення в залежності від умов навантаження.

Метод дослідження – аналіз даних використання кожного із запропонованих методів.

Зміцнення поверхонь пар тертя являє собою серйозну проблему, оскільки в умовах високих силових навантажень спостерігається значний знос контактуючих поверхонь, що призводить до зменшення строків служби елементів конструкцій. В результаті зазначених процесів значно збільшується вартість експлуатації таких об'єктів. Для подовження строку їх служби та підвищення економічної ефективності експлуатації становить науковий та інженерний інтерес обґрунтування використання того чи іншого методу поверхневого зміцнення в залежності від умов роботи відповідальних елементів конструкцій.

Результати статті можуть бути використані для обґрунтування застосування одного із запропонованих методів зміцнення в залежності від умов експлуатації транспорту.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МЕТОД, КРИТЕРІЙ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ЗМІЦНЕННЯ, ЗНОС, ПОКРИТТЯ, ХІМІКО-ТЕРМІЧНА ОБРОБКА, КОЛЕСО, РЕЙКА.

ABSTRACT

Kosarchuk V.V., Kulbovskiy I.I., Agarkov O.V. odern methods strengthen and improve the wear resistance of friction pairs. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2016. – Issue 1 (34).

The article deals with methods of hardening surfaces operating under contact interaction, analyzes advantages and disadvantages of different methods.

Object of study – contacting surfaces of friction pairs.

Purpose of the study – to analyze different methods of strengthening the contacting surfaces of friction pairs, set the advantages and disadvantages of each method, to offer rational methods of strengthening depending on load conditions.

Method of the study – analysis of the use of each of the proposed methods.

Strengthening the surfaces of friction pairs is a serious problem, as in large power loads observed significant wear of contacting surfaces, which reduces the lifetime of structural elements. As a result of these processes significantly increases the cost of operating such facilities. For the extension of their services and increase economic efficiency operation is scientific and engineering interest justification for the use of a method of surface hardening, depending on the circumstances of critical structural elements.

The results of the article can be used to justify the use of one of the proposed methods of strengthening depending on the conditions of transport.

KEY WORDS: METHODS, CRITERION, AUTIMATION, STRENGTHENING, WEAR, COATING, CHEMICAL-THERMAL TREATMENT, WHEELS, RACK.

РЕФЕРАТ

Косарчук В.В. Современные методы упрочнения и повышения износостойкости пар трения / В.В. Косарчук, И.И. Кульбовский, А.В. Агарков // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2016. – Вып. 1 (34).

В статье рассмотрены методы упрочнения поверхностей, работающих в условиях контактного взаимодействия, проанализированы недостатки и преимущества различных методов.

Объект исследования – контактирующие поверхности пар трения.

Цель работы – провести анализ различных методов упрочнения контактирующих поверхностей пар трения, установить преимущества и недостатки каждого метода, предложить рациональные методы упрочнения в зависимости от условий нагружения.

Метод исследования – анализ данных использования каждого из предложенных методов.

Упрочнение поверхностей пар трения представляет собой очень серьезную проблему, поскольку в условиях высоких силовых нагрузок наблюдается значительный износ контактирующих поверхностей, что приводит к уменьшению сроков службы элементов конструкций. В результате указанных процессов значительно увеличивается стоимость эксплуатации таких объектов. Для продления срока их службы и повышения экономической эффективности эксплуатации составляет научный и инженерный интерес обоснования использования того или иного метода поверхностного упрочнения в зависимости от условий работы ответственных элементов конструкций.

Результаты статьи могут быть использованы для обоснования использования одного из предложенных методов упрочнения в зависимости от условий эксплуатации транспорта.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: МЕТОД, КРИТЕРИЙ, АВТОМАТИЗАЦИЯ, УПРОЧНЕНИЕ, ИЗНОС, ПОКРЫТИЯ, ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА, КОЛЕСО, РЕЛЬС.

АВТОРИ:

Косарчук Валерій Володимирович, доктор технічних наук, професор кафедри теоретичної та прикладної механіки Державного економіко-технологічного університету транспорту, email: kvval@voliacable.com, тел. +380445915187, Україна, 03049, м. Київ, вул. Лукашевича 19, к. 216

Кульбовський Іван Іванович, кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельних конструкцій і споруд Державного економіко-технологічного університету транспорту, email: kulbovskiy@bigmir.net, тел. +380679305928, Україна, 03049, м. Київ, вул. Лукашевича 19, к. 208П

Агарков Олександр Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри теоретичної та прикладної механіки Державного економіко-технологічного університету транспорту, email: agarcov@ukr.net, тел. +380443836397, Україна, 03049, м. Київ, вул. Лукашевича 19, к. 802

AUTHOR:

Kosarchuk Valeriy V., Ph.D., Engineering (Dr.), associate professor, department of theoretical and applied mechanics State Economy and Technology University of Transport, email: kvval@voliacable.com, +380445915187, Ukraine, 03049, Kyiv, Lukashevicha str. 19, of. 216

Kulbovskiy Ivan I., Ph. D., associate professor, department of building structures and facilities State Economy and Technology University of Transport, email: kulbovskiy@bigmir.net, tel. +380679305928, Ukraine, 03049, Kyiv, Lukashevicha str. 19, of. 208P

Agarkov Oleksandr V., Ph. D., associate professor, department of theoretical and applied mechanics State Economy and Technology University of Transport, email: agarcov@ukr.net, tel. +380443836397, Ukraine, 03049, Kyiv, Lukashevicha str. 19, of. 802

АВТОРЫ:

Косарчук Валерій Владимирович, доктор технических наук, профессор кафедры теоретической и прикладной механики Государственного экономико-технологического университета транспорта, email: kvval@voliacable.com, тел. +380445915187, Украина, 03049, г.. Киев, ул. Лукашевича 19, к. 216

Кульбовский Иван Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций и сооружений Государственного экономико-технологического университета транспорта, email: kulbovskiy@bigmir.net, тел. +380679305928, Украина, 03049, г.. Киев, ул. Лукашевича 19, к. 208П

Агарков Александр Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной механики Государственного экономико-технологического университета транспорта, email: agarcov@ukr.net, тел. +380443836397, Украина, 03049, г.. Киев, ул. Лукашевича 19, к. 802

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Вербицький В.Г., доктор фізико-математичних наук, професор, Державний економіко-технологічний університет транспорту, професор кафедри теоретичної та прикладної механіки, Київ, Україна.

Мельниченко О.І., кандидат технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри транспортного права та логістики, Київ, Україна.

REVIEWER:

Verbitskiy V.G., Ph.D., Engineering (Dr.), associate professor, State Economy and Technology University of Transport, professor, department of theoretical and applied mechanic, Kyiv, Ukraine

Melnichenko O.I., Ph. D., associate professor, National University, professor, department of transport right and logistics, Kyiv, Ukraine.