

УДК 621.924.093.048

М. Моїсеєнко

Аспірант

О. Саленко

Професор, докт. техн. наук

Кременчуцький
національний університет
імені Михайла Остроградського,
м. Кременчук

ПРО МОЖЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЗАХИСНИХ ПОКРИТЬ НА ВИРОБАХ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ В УМОВАХ ГІДРОАБРАЗИВНОГО ЗНОШУВАННЯ

У роботі розглянуті питання дослідження стійкості покриттів марок ФМІІ 2 та ПГС 1 в умовах високоінтенсивного кавітаційно-гідроабразивного зношування. Отримано регресійні рівняння стійкості покриттів, нанесених на основу з жароміцної сталі від умов натікання рідини. Показано можливість використання таких покриттів для підвищення працездатності протокових частин елементів гідрорізальних пристроїв.

покриття, гідроабразивна обробка, кавітаційне зношування

Вступ. Поява і широке використання в промисловості нових конструкційних матеріалів, насамперед композитів, і нових високотехнологічних виробів, зумовлює потребу в нових методах обробки. Одним з таких методів є гідроабразивна обробка. Процес різання відбувається в результаті ерозійної дії на матеріал струменя води з твердими абразивними частками, що подається під надвисоким тиском. На сьогодні технологія гідроабразивного різання по праву належить до способів обробки матеріалів, що найбільш динамічно розвиваються, і складає серйозну конкуренцію таким традиційним технологіям, як лазерне і плазмове різання, а також механічна обробка.

Серед тенденцій розвитку гідроабразивної обробки виділяють підвищення точності обробки та ефективності устаткування. Ефективність може бути підвищена за рахунок підвищення тиску рідини (до 600 МПа) та кількості одночасно працюючих головок [1, 2]. Однак підвищення робочого тиску призводить до інтенсифікації зношування систем гідрорізального обладнання, що, у свою чергу, відображається на вартості обробки.

У зв'язку з цим, актуальною є задача підвищення зносостійкості елементів гідрорізальних систем за допомогою високоміцних покриттів.

Відомо, що при русі двофазного потоку «рідина – тверді частинки» відбувається хаотична дія на перепону окремих абразивних часток під різними кутами атаки і з різною силою удару [3].

Абразивне руйнування поверхні залежить від характеру дії абразивних зерен на її поверхню. Залежно від напрямку дії абразивного струменя на поверхню розрізняють такі схеми її дії: руйнування ударним струменем, коли кут атаки $\alpha=90$ (рис. 1, а); руйнування ковзаючим струменем, коли $\alpha=0$ (рис. 1, б); руйнування косим струменем, коли $0 < \alpha < 90$ (рис. 1, в) [4; 5].

Якщо на плоску поверхню матеріалу діє потік твердих абразивних часток, що летять зі швидкістю v_u під кутом α до поверхні, то кожна частка, вдаряючись, пружно деформує оброблювану поверхню і прослизає по ній з тертям [6].

Прийнято, що нормальна компонента швидкості v_n викликає тільки пружну деформацію матеріалу, а дотична v_t , вступаючи у фрикційний контакт з поверхнею, частково або повністю гаситься і виконує роботу різання. З наведеного виходить, що найбільша продуктивність обробки теоретично має бути при куті атаки $\alpha = 45$, що підтверджується багатьма авторами [6 – 9].

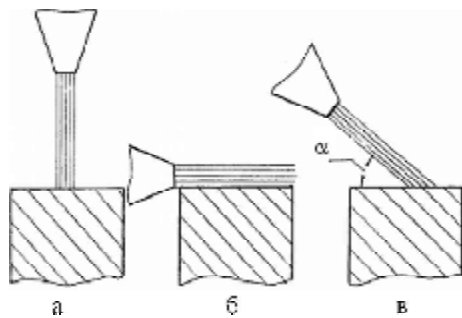


Рис. 1. Схеми дії абразивного струменя на поверхню

Інтенсивність зношування в абразивному потоці визначається як результат множинних ударів твердих часток по поверхні зношування при різних кутах атаки. Початковий період руйнування металу характеризується впровадженням абразивних частинок у поверхневий шар на деяку глибину, другий – безвідривним переміщенням частинок матеріалу вздовж поверхневого шару на деяку відстань, при якій відбуваються зміщення мікрооб'ємів металу в шарі у напрямі впровадження частинок і відрив їх від масиву [10].

При зануренні абразивної частинки в поверхневий шар металу в умовах вільного удару відбувається деформація приконтатної зони, внаслідок чого в цьому шарі виникає складне неоднорідне напружено-деформоване поле зі змінною межею. Напруження і деформації, що виникають при зануренні абразивної частинки в метал, залежать від комплексу чинників, що характеризують параметри потоку частинок і опір металу деформаціям пружно-пластичності.

У роботах [11, 12] вказано, що характерним для кавітаційного і струминного руйнування є залежність швидкості руйнування від плинного часу. Процес руйнування автори поділяють на чотири етапи: пластична деформація без руйнування, початок руйнування поверхневого шару, максимальне руйнування з відокремленням дрібних частинок, падіння швидкості руйнування та збільшення впливу гідродинамічних процесів. Подальше вивчення процесу дозволило встановити, що більш тверді матеріали частіше піддаються кавітаційному руйнуванню, ніж пластичні та пружні, що автори пояснюють релаксаційними властивостями матеріалів.

Глибина занурення частинки і її тангенціальне зміщення при зануренні пов'язані з механічними властивостями абразиву і матеріалу зношуваної поверхні, розмірами частинок, деформацією металу.

При малих кутах атаки, внаслідок переважання тангенціальної компоненти швидкості удару, основним процесом руйнування поверхневого шару є тангенціальне зміщення мікрооб'ємів металу у напрямі занурення, тобто мікрорізання. При кутах атаки, близьких до 90°, внаслідок переважання нормальної компоненти швидкості механізм руйнування поверхневого шару металу в потоці абразивних часток набуває полідеформаційний ударний характер (рис. 2).

Neilson and Gilchrist [13] визначили рівняння для зношування різанням (1), (2) і зношування деформуванням (3):

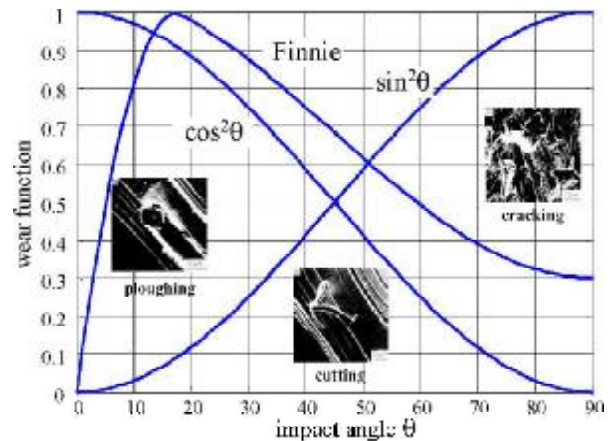


Рис. 2. Функція зношування для різних матеріалів [13]

$$w_c = \frac{1}{2} m \frac{(v \cos q)^2 - v_p^2}{\Phi}, \quad (1)$$

$$w_{cl} = \frac{m}{2\Phi} v^2 \cos^2 q \sin\left(\frac{p}{2} \frac{q}{q_0}\right) \text{ для } \theta_0 < \theta < 90, \quad (2)$$

$$w_D = \frac{1}{2} m \frac{(v \sin q - K)^2}{e}, \quad (3)$$

де K – складова швидкості по нормалі до поверхні, нижче якого не відбувається ерозія; v_p – залишкова величина паралельної компоненти швидкості частинок при малих кутах атаки.

З чинником v_p різко зростає характеристика зносу і результат описується як нульова ерозія при паралельному впливі ($\theta = 0^\circ$) і максимальна ерозія при θ_0 . Фактори Φ і e представляють енергію, необхідну для видалення однієї одиницею маси матеріалу. Ці фактори, звичайно, сильно залежить від матеріалу і властивостей частинок і повинні бути експериментально оцінені у відповідності з конкретним матеріалом.

Мікротріщини виникають під дією висококонцентрованих напружень, викликаних упровадженням абразивних частинок, особливо на поверхні крихких або квазікрихких матеріалів.

Мікропроорювання і мікрорізання є домінуючими механізмами зношування більш пластичних матеріалів. Нижче певного кута натікання і для більш м'якого матеріалу відбувається тільки мікропроорювання (рис. 3) [14].

Оскільки під час виконання роботи руйнування частинки абразиву прямують до оброблюваної поверхні під малими кутами, обсяг вилученого матеріалу за одиничний акт взаємодії може бути визначений за залежностями, запропонованими В.Б.Струтинським та Е.Ф.Мануелом [15]: глибина лунки δ_n та її довжина δ_a у функції параметрів процесу обробки визначиться рівняннями:

$$\delta_n = \frac{m v_n^2}{2} \frac{Ra}{k_n z_n HB};$$

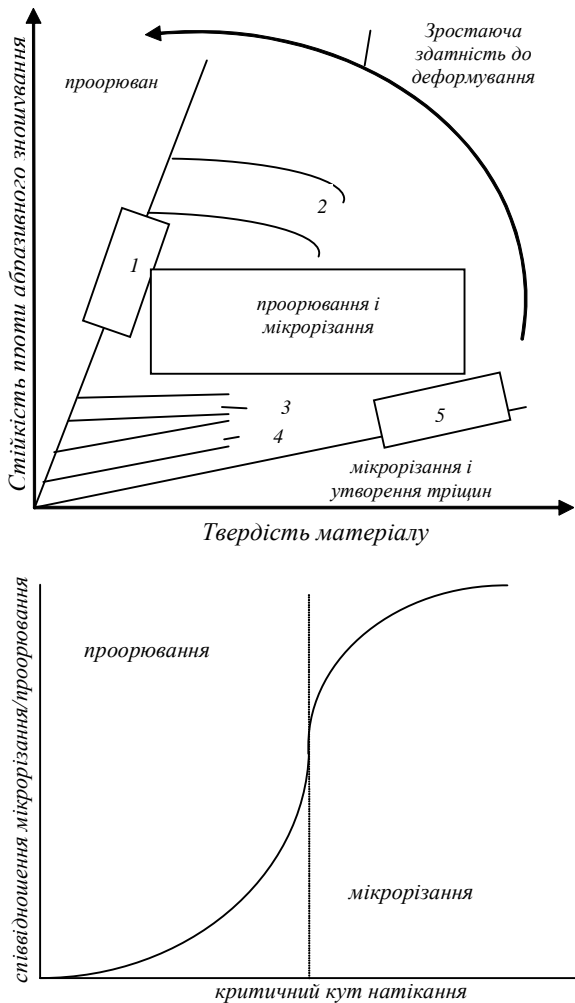


Рис. 3. Проорювання, різання і утворення тріщин у процесі абразивного зношування [14]: 1 – чисті метали і тверді розчини, 2 – мартенситні сталі, 3 – холодна обробка, 4 – дисперсійно зміцнені матеріали, 5 – керамічні матеріали

$$\delta_a = \frac{mv_a^2}{2} \frac{z_n}{k_a \sigma_b Ra} - \frac{k_a T_p^2 \sigma_b Ra}{2mz_n}$$

У формулах позначено m – маса абразивних частинок; v_n, v_a – нормальна та тангенційна складова швидкості удару частинки з оброблюваною поверхнею; Ra, HB, S_b – параметри шорсткості, твердості та міцності поверхні; z_n – зернистість абразивних частинок; T_p – стала, що враховує інерційність процесу мікрорізання; k_n, k_a – сталі коефіцієнти.

З урахуванням того, що робочою частиною є лише периферійний сегмент струменя, зміною швидкості у поперечному перетині знехтуємо, а вирази для δ_n та δ_a матимуть наступний вигляд:

$$\delta_n = \frac{m \left(0.335R \left(\frac{X}{X_c} \right) \left[1 - \sqrt{\frac{\sigma_c \left(\frac{X}{X_c} \right)}{2P_1 \left(\frac{X}{X_c} \right)}} \right]^3 \frac{2p_b f_k}{f_k \sqrt{2p_b \rho + Q_m}} \right)^2 \sin \alpha \frac{R_a}{k_n z_n HB}}{2}$$

$$\delta_a = \frac{m \left(0.335R \left(\frac{X}{X_c} \right) \left[1 - \sqrt{\frac{\sigma_c \left(\frac{X}{X_c} \right)}{2P_1 \left(\frac{X}{X_c} \right)}} \right]^3 \frac{2p_b f_k}{f_k \sqrt{2p_b \rho + Q_m}} \right)^2 \times \cos \alpha \frac{z_n}{k_a \sigma_b Ra} - \frac{k_a T_p^2 \sigma_b Ra}{2mz_n}}{2}$$

де f_k – площа контакту струменя, $f_k = \frac{pd_c^2}{4}$; p_b – тиск перед струминним соплом.

Прийнявши, що для кулькового сегменту обсяг

$$w_1 = \frac{pd_n^2 (3R - d_n)}{3}, R - \text{радіус абразивної частинки; а}$$

для циліндричної ділянки $w_2 = \frac{d_n (6a + 8b)}{15} d_a$, загальний обсяг вилюченого матеріалу становитиме

$$w_{\Sigma} = w_1 + w_2 = \frac{pd_n^2 (3r - d_n)}{3} + \frac{d_n (6a + 8b)}{15} d_a$$

Оскільки елементи гідрорізанальної системи сприймають гідродинамічне та механічне навантаження від дії швидкорухомих частинок абразиву, які вводяться у потік рідини за зрізом сопла, причина виходу їх із ладу – зростання калібрувального отвору D_k понад встановлений граничний розмір та сколювання окремих елементів, внаслідок чого змінюється геометрія сформованої канавки різі (рис. 2). Це пошкодження обумовлене зношувальними явищами. Логічно постає задача підвищення стійкості калібрувальних трубок шляхом нанесення захисних покриттів.

У світовій практиці зміцнення і відновлення деталей значного поширення набув спосіб електродугового напилення (ЕДН), як один з найтехнологічніших, продуктивніших і якісніших методів. ЕДН має широкую сферу застосування для відновлення сталевих, чавунних і з кольорових металів деталей циліндричної і плоскої форми, що працюють в умовах тертя ковзання, змашування і нерухомих посадок; усунення дефектів сталевого і чавунного литва; підвищення жаростійкості сталі

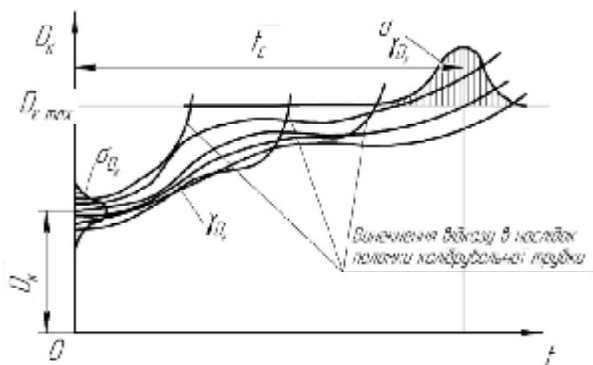


Рис. 4. Залежність зміни калібрувального отвору від часу спрацювання

алітуванням (покриття алюмінієм, його дифузія в поверхневі шари сталевого виробу); нанесення антифрикційних покриттів при виготовленні підшипників ковзання; для довготривалого антикорозійного захисту алюмінієм і цинком металоконструкцій з гарантією 20 - 25 років в умовах атмосфери; для захисно-декоративних цілей з покриттям міддю, бронзою, латунню, алюмінієм.

Широкому застосуванню ЕДН сприяють його істотні переваги перед іншими способами: висока продуктивність нанесення покриття до 20 кг/год на сталі, до 10 кг/год на алюмінії; отримання покриття завтовшки від 0,1 до 10 і більше міліметрів; зносостійкість в 1,5 – 1,8 рази вище від загартованої сталі 45, яка обумовлена хорошим утриманням мастила в мікропорах покриття; забезпечення зносостійкості деталей на рівні нових; відсутня деформація деталей, яка неминуча при наплавленні, оскільки при ЕДН незначні температури процесу (температура нагріву деталі 100 – 150 °С); простота і технологічність процесу; можливість нанесення покриття на поверхні деталей з різного матеріалу (сталь, чавун, алюміній, бронза, дерево, полімер та ін.); габарити деталей не лімітують застосування напилення електродуги; отримання комбінованих металопокриттів із заданими властивостями з різних матеріалів дроту; низька питома собівартість нанесення покриття (в 1,4 – 1,8 рази нижча за наплавлення).

Проте одним з істотних недоліків цього методу є малий асортимент використовуваних матеріалів – застосування будь-якої марки дроту промисловістю, що випускається, технологічно можливо. При напиленні маловуглецевих нелегованих дротяних матеріалів покриття має низький рівень механічних властивостей. Твердість металу і оксидів різні і складає – 210 – 280 і 400 – 560 HV відповідно. Покриття характеризується високою внутрішньою крихкістю через наявність великої кількості оксидів (до 20%), високим коефіцієнтом тертя $f=0,4...0,6$ і невисокою зносостійкістю [16]. Міцність зчеплення з підкладкою не перевищує 22 – 24 МПа. Пористість покриття знаходиться в діапазоні 13 – 18 %. Структура покриттів є шаруватою системою, що складається з витягнутих зерен (ламелей), фазовий склад яких відповідає твердому розчину хрому в α -залізі, з дрібнодисперсними включеннями складнолегованих з'єднань бориду хрому і заліза (рис. 5).

Відносно високі міцнісні властивості покриттів при ЕДН досягаються застосуванням композиційних порошкових дротів. Використання порошкових дротів (ПД) у якості електродних матеріалів для ЕДН напилення покриттів дозволило широко варіювати хімічний склад покриттів, різко розширювати область їх використання, а також у багатьох випадках отримати покриття з властивостями на рівні кращих плазмових і надзвуківих газотермічних покриттів, але в 5 – 10 разів дешевше.

На сьогодні порошкові дроти для ЕДН серійно випускають як за кордоном (фірми «Metco», «Castolin», «TAF», «Nanosteel»), так і в Україні. Найбільший вклад в розроблення і впровадження покриттів з ПД у виробництво внесли фахівці з Інституту електрозварювання ім. Е. О. Патона, Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України (ФМІ), Приазовського державного технічного університету [17]. Покриття з ПД використовують у бага-

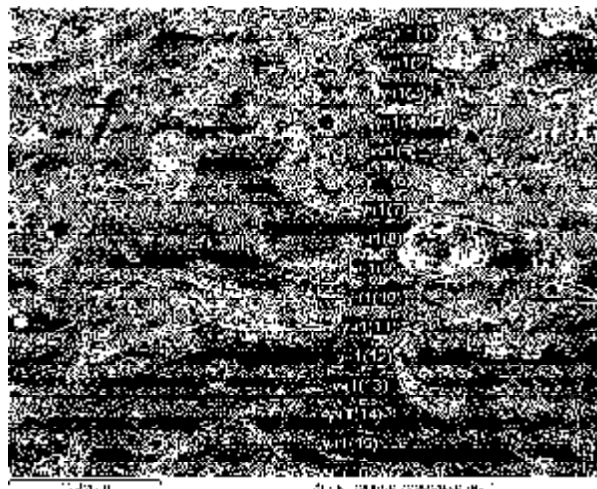


Рис. 5. Структура покриття, отриманого методом ЕДН порошковим дротом марки ФМІ-2 [16]

тьох галузях техніки для відновлення і захисту від абразивного і газоабразивного зношування при кімнатній і підвищених температурах до 700 °С, для ремонту різних деталей машин і агрегатів, що працюють в умовах граничного тертя.

У ФМІ ім. Г. В. Карпенка НАН України розроблені ПД діаметром 1,8 мм для електродугової металізації, дослідно-промислові партії яких виготовлені підприємством «Іскра» в м. Дубровиці Рівненської обл.

Дріт складається з основи зі сталі 08кп і порошкової шихти. Захист від окислення і високі властивості покриттів досягаються за рахунок взаємодії компонентів порошкової шихти між собою, при цьому відбуваються процеси відновлення оксидів і легування сталеву основи. Вміст ферохрому 16 – 19% і алюмінію 14 – 17% в порошковому дроті забезпечували істотне підвищення адгезійно-когезійної міцності. Твердість 50 – 58 HRC. Покриття, отримані напиленням порошкових дротів мають велику твердість і зносостійкість.

Метою цієї статті є дослідження стійкості високоміцних покриттів марок ФМІ-2 та ПГС-1 при дії швидкоплинного потоку в умовах рідинно-абразивного і кавітаційного зношування з малими кутами атаки.

Результати досліджень. Для покриттів, уживаних для деталей, що працюють в умовах абразивного зношування, висуваються наступні вимоги: висока твердість, низький рівень напружень першого роду і висока зносостійкість. Встановлено [16], що зі збільшенням твердості покриттів до HV 700...800 їхня зносостійкість зростає, а понад HV 800 – зменшується, що пов'язано з виникненням мікротріщин у покриттях. Зношування покриттів відбувається внаслідок зростання вже готових тріщин переважно по межах ламелей з наступним їх сколюванням. Оскільки випробування на зношування є досить тривалими, нами було прийняте рішення про випробування властивостей покриття в умовах високоенергетичного абразивно-рідинного впливу, тобто під дією струменя рідини малого діаметра (1,2 мм), що натікає на поверхню під малими кутами атаки. Цим самим забезпечували прискореність випробувань, оскільки кінетична енергія окремих

абразивних частинок регульовано могла бути збільшеною на кілька порядків.

Для вирішення питання щодо доцільності використання поверхневих покриттів на гідроабразивну стійкість випробовувалися зразки розміром 40x40x5 мм з жароміцної сталі з нанесеними покриттями з порошкового дроту марок ФМІ-2, ПГС-1 та без них. Випробування проводили на лазерно-струминному комплексі ЛСК-400-5, оснащеному п'ятикоординатною системою ЧПК, що дозволяло вільно встановлювати не тільки режими витікання струменя, а й орієнтувати струминний пристрій відповідним чином, відповідно до схеми технологічного налагодження (рис. 6).

Для проведення порівняльного аналізу усі експериментальні дослідження проводилися при одних і тих же параметрах обробки, які були прийняті наступними: тиск натікання – 250 МПа, об'ємна концентрація абразиву в суспензії – 0,6 кг/хв, час обробки – 2 хв, кут натікання – 3-9°. Відстань між вихідним перерізом ежекційної насадки струминного апарату і зразком приймалася рівною 25 мм. Дослідження впливу кута атаки на зносостійкість зразків проводилися з використанням у якості абразиву суспензії гранатового піску зернистістю 30 меш.

На рис. 7 подано порівняльні діаграми зношування покриття ПГС-1 та ФМІ-2, представлені у вигляді глибини пошкодження шару, вимірної відносно площини непошкодженої поверхні. Кут натікання на зразки – 3° ($\pi/60$) та 9° ($\pi/20$). На наведених діаграмах подано залежність ступеня пошкодження (у вигляді глибини лунки h , що утворюється на поверхні) протягом плинного часу. Побудовано залежність зміни глибини сформованої лунки у функції кута натікання струменя α .

Встановлено, що динаміка пошкодження принципово відрізняється: зразки без покриття зношувалися більш динамічно і упродовж 10 с зношування досягало максимуму до повного прорізання зразка. Зразки з покриттям ПГС-1 зношувалися менш інтенсивно і пошкодження досягло максимуму протягом 32 с. Після цього швидкість пошкодження уповільнилася, і на зразках почали спостерігатися зони відшарування покриття. У подальшому розпочалося активне руйнування матеріалу підложки (рис. 7). Зразки з покриттям ФМІ-2 були більш стійкими до рідинно-абразивного і кавітаційного зношування



Рис. 6. Встановлення досліджуваного зразка на робочий стіл гідрорізної машини ЛСК-400-5

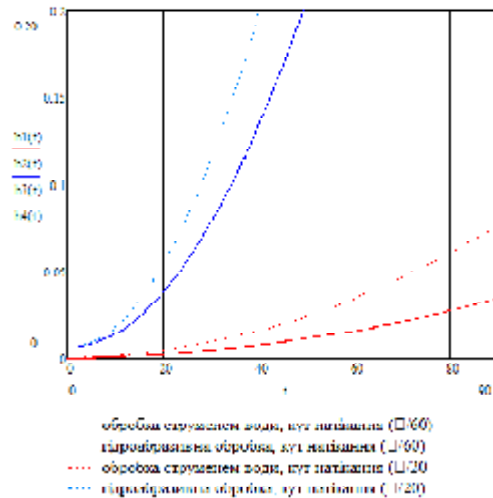
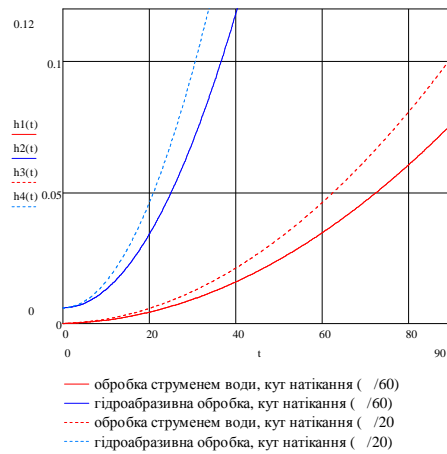


Рис. 7. Порівняльні діаграми зношування покриття ПГС-1 (а) та покриття ФМІ-2 (б)

(інтенсивне зношування спостерігалось після 41 с). Зношування відбувалося рівномірно, без утворення областей відшарування (рис. 8).

Вплив кута натікання струменя на швидкість знімання покриття визначали шляхом вимірювання проникнення струменя у досліджуваний зразок за час, що дорівнює 10 с. Виміри здійснювали у діапазоні кутів від 3° ($\pi/60$) до 9° ($\pi/20$) (подальше збільшення кутів призводить до повного руйнування покриття та основи і отримання пазу біля 3 – 4 мм).

Висновки. За отриманими даними неважко зробити висновок, що найбільш ефективно працює покриття марок ФМІ-2 та ПГС-1 при натіканні струменя з кутами атаки, меншими за 3°45'. Порівняльні експериментальні випробування показали, що, залежно від режимів технологічного процесу обробки, зразки з покриттям ФМІ-2 зношуються менш інтенсивно, ніж зразки з покриттям ПГС-1 та зразки без покриття при впливі швидкоплинного гідроабразивного потоку. Отримання повного руйнування зразка з покриттям марки ФМІ-2 відбулося за час, що перевищує час руйнування зразка без покриття у 3,2 рази. Отже, стійкість елементів системи гідрорізального обладнання може бути підвищена за рахунок нанесення

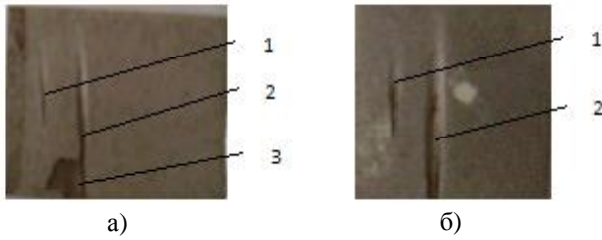


Рис. 8. Досліджені зразки з нанесеними покриттями ПГС-1 після випробувань: 1 – зони руйнування після обробки струменем води; 2 – зони руйнування після гідроабразивної обробки; 3 – зони відшарування покриття; а – кут натікання 3°; б – кут натікання 9°

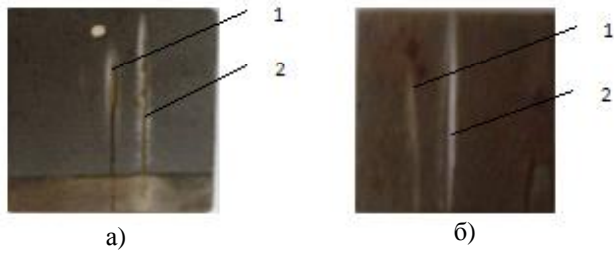


Рис. 9. Досліджувані зразки з нанесеними покриттями ФМІ-2 після випробувань: 1 – зони руйнування після обробки струменем води; 2 – зони руйнування після гідроабразивної обробки; а – кут натікання 3°; б – кут натікання 9°

захисних покриттів, що є актуальним при гідрорізанні відповідальних деталей.

З усіх параметрів – D_k , σ_{DK} , γ_{DK} , λ_{DK} (рис. 4), нанесення функціонального покриття дозволяє зменшити не тільки γ_{DK} , а і дисперсію цього параметра, тим самим підвищивши термін експлуатації трубки до прогнозованого

$$\text{настання відмови як } T_3 = \frac{D_k - D_i}{g_D}.$$

Отримано функціональні залежності зношування зразків з покриттями за критеріями гідроабразивної стійкості доповнюють загальну методологічну інформаційну базу і, безумовно, сприяють розробленню принципу керування властивостями поверхневого шару.

Отже, встановлено, що зразки з покриттями ФМІ-2 є більш стійкими до гідроабразивного зношування, ніж зразки з покриттями ПГС-1 і їх доцільно використовувати в умовах високоінтенсивного струминно-абразивного навантаження.

Література

1. *Особенности технологии водоструйной обработки. Best combination of system. Manuf. Eng. (USA). 2006. 136. №3, с. АТ10 – АТ11. Англ.*
2. *Перспективы развития водоструйной и водоабразивоструйной обработки. Looking downstream. Amer. Mach. 2001. 145, № 3, с. 80-82, 84, 86, 88, 90. Англ.*

3. *Степанов В.С., Барсуков Г.В. Современные технологические процессы механического и гидроструйного раскроя технических тканей. Библиотека технолога. – М.: Машиностроение, 2004. – 240 с.*

4. *Цыгановский А.Б. Определение степени влияния угла атаки струи на производительность и качество гидроабразивной обработки загонными струями // Вісник СХУ ім. В.Далія. – 2009. – № 6. – С. 220-228.*

5. *Проволоцкий А.Е. Струйно-абразивная обработка деталей. – К.: Техника, 1989. – 177 с.*

6. *Непомящий Е.Ф. Трение и износ под воздействием струи твердых частиц // Контактное взаимодействие твердых тел и расчет сил трения и износа. – М.: Наука, 1971. – С. 190-200.*

7. *Клейс И.Р. Основы выбора материалов для работы в условиях газоабразивного изнашивания // Трение и износ. – 1980. – Т. 1. – № 2. – С. 263-271.*

8. *Билик Ш.М. Абразивно-жидкостная обработка металлов. – М.: Машиностроение, 1960. – 198 с.*

9. *Подураев В.Н., Камалов В.С. – М.: Машиностроение, 1973. – 346 с.*

10. *Виноградов В.Н. Абразивное изнашивание / В. Н. Виноградов, Г. М. Сорокин, М. Г. Колокольников. – М.: Машиностроение, 1990. – 224 с.*

11. *Саленко О.Ф., Струтинський В.Б., Загірняк М.В. Ефективне гідрорізання: Монографія. – Кременчук: КДПУ, 2005. – 488 с.*

12. *Анатов Г.А. Гидроимпульсные установки для разрушения горных пород. – К.: Выща шк., 1987. – 155 с.*

13. *Axel Henning. Modelling of wear mechanisms at the abrasive waterjet cutting front / Axel Henning, Engelbert Westkämper: Proceedings of the 2003 WJTA American Waterjet Conference August 17-19, 2003 Adam's Mark Hotel Houston, Texas. – P. 41-56.*

14. *Zum Gahr, К Н, Microstructure and wear of materials, Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo, 1987.*

15. *Струтинський В.Б. Математичне моделювання процесів та систем механіки: Підручник. – Житомир, ЖІТІ, 2001. – 612 с.*

16. *Тамаргазин А.А. Влияние факторов процесса электродугового напыления на структурообразование и свойства покрытий / А.А. Тамаргазин, Л.А. Лопата, Ю.В. Брусило, С.А. Довжук // 36. наук. праць Кіровоградського національного технічного університету (техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація). – № 23. – 2010. – С.64-75.*

17. *Похмурский, В.И.; Студент, М.М. Гоздецкий В.М.; Похмурская, А.В. Порошковые проволоки серии ФМИ для электродугового напыления покрытий (обзор) // Автоматическая Сварка. – 2011. – № 9. – с. 52-57.*

Отримана 17.03.12

М. Moisejenko, O. Salenko
About the use of protecting coatings on products, operating underwaterjet wear

Kremenchug Mikhalo Ostrohradskyyi National University, Kremenchug

In this work the question of investigating the stability of coatings wire makes ФМИ and ПГС under conditions of high hydro-cavitation wear are considered. Received regression equation resistance of coatings type of conditions of leakage of a fluid. Increasing worktime products to the types of coatings is proved.