

УДК 621.78/(66.088+537.52+66.046)

І.М. ПАСТУХ, Г.М. СОКОЛОВА, О.С. ЗДИБЕЛЬ, М.В. ЛУК'ЯНИЮК

Хмельницький національний університет

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ КРИТЕРІЇ АНАЛІЗУ ЕФЕКТИВНОЇ ШИРИНИ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ, АЗОТОВАНОГО В ТЛЮЧОМУ РОЗРЯДІ

Запропоновано використання показників зносостійкості в якості критеріїв оцінки структури та ефективної ширини модифікованого поверхневого шару, утвореного азотуванням в тліючому розряді. Розроблено алгоритм аналітичного апарату автоматизованої обробки експериментальних даних зносостійкості.

Ключові слова: азотування, тліючий розряд, поверхневий шар, структура, зносостійкість.

I.M. PASTUKH, G.M. SOKOLOVA, O.S. ZDYBEL, M.V. LUK'YANYUK

Khmelnytsky National University

OPERATIONAL CRITERIA OF THE ANALYSIS OF THE SURFACE LAYER NITRIDED IN A GLOW DISCHARGE EFFECTIVE WIDTH

Abstract - The work relates to the analysis of the structure of the surface layer of metal, resulting in a glow discharge nitriding. The analysis was performed with the use of performance wear resistance. Delineating of the effective width of the modified area in the critical points of change in the intensity of wear was proposed. An analytical model for the automated processing of the wear resistance experimental data was developed.

The technique and algorithm for determining the effective thickness of the diffusion layer on the basis of performance criteria is chosen as the transition of steady deterioration in catastrophic. The developed method is more objective in comparison with the analysis of microhardness distribution and allows to set the actual limit of the modified layer use.

Keywords: nitriding, glow discharge, surface layer, structure, durability.

Аналіз питання

В роботах [1, 2] викладено аналіз структури поверхневого шару металів, який модифіковано азотуванням в тліючому розряді, з врахуванням механічних характеристик, в якості яких вибрано показники мікротвердості. В той же час встановлено, що сама по собі мікротвердість не може бути застосована як однозначний критерій оцінки результативності обробки, оскільки цей параметр в реальності безпосередньо використовується порівняно рідко. Винятком можуть бути ті умови роботи об'єкта модифікації, коли важлива контактна міцність, опір зминанню тощо. Очевидно, що подібне обмеження суттєво зменшує ареал можливого практичного застосування результатів обробки. Первинною причиною цієї тези є хоча б те, що не існує однозначної залежності між твердістю поверхні та такою за важливістю експлуатаційною характеристикою, якою є показники зношування [3]. Раніше [1] показано на реальних прикладах, що спроби практичного застосування пристроїв з високою твердістю азотованої поверхні не тільки не давала ефекту підвищення ресурсу роботи, але й навпаки – приводили до суттєвого зменшення характеристик зносостійкості. З наведених прикладів слідує цілком логічний та обґрунтований висновок стосовно неприйнятності в якості пріоритетного та однозначного критерію результативності обробки тільки характеристик твердості. В той же час зношування є одним з найбільш вагомих критеріїв працездатності, оскільки в переважній кількості випадків ресурс об'єктів машинобудування лімітується саме зношуванням. Звичайно поверхнева твердість в значній мірі становить першооснову для інших експлуатаційних характеристик. Проте комплексне оцінювання результативності модифікації може бути реалізовано тільки на основі комбінованого аналізу всіх більш-менш суттєвих та важливих в конкретних умовах експлуатації показників.

Ця робота в основному присвячена розробці принципів застосування для оцінювання результатів обробки не тільки параметрів твердості, але і стандартних характеристик зношування. Необхідно також зазначити важливість розробки апарату реального використання експериментальних даних, їх обробки та зтримання достовірних результатів, які в першу чергу слід оцінювати за ознакою можливості практичної цінності отриманих таким чином рекомендацій, прогнозів тощо. Особливістю вибраного шляху вирішення задачі є також те, що він базується на дослідах, проведених на реальному устаткуванні промислового застосування, що вказує на прийнятність виробничої апробації головних висновків.

Вихідні положення

Нормативна документація [4] визначає зношування як процес відокремлення матеріалу від поверхні тертя твердого тіла і (чи) збільшення його залишкової деформації в умовах тертя, що виявляється у поступовому змінюванні розмірів, форми і (чи) маси тіла. Визначення не безперечно, оскільки залишкова деформація навіть при наявності тертя може у значній мірі бути викликаною іншими факторами, наприклад дією стискаючих напружень, котрі також можуть бути причиною формозміни. Багато питань в цьому аспекті виникає також при зворотному переносі матеріалу знову ж таки при наявності тертя. Безперечно для практики діагностики працездатності мають значення тільки явища, наслідком яких є зменшення початкових параметрів розмірів, маси, форми, оскільки результатом зношування є знос, який визначають в лінійних (стандартом цей фактор звужено тільки до параметра довжини), об'ємних чи масових одиницях виміру. Швидкість зношування визначається як відношення величини зносу до часу зношування. Реально

цей показник малоінформативний, оскільки не враховує, хоча б опосередковано, умови зношування. Аналогічний недолік відзначається стосовно інтенсивності зношування як відношення величини зносу до шляху тертя, вздовж якого відбувалось зношування. Із зазначеної причини практично нереальним є порівняння результатів дослідження зносу, оскільки зміна умов експериментів може катастрофічно вплинути на результати зношування не тільки в сенсі характеристик, але й його характеру. Наприклад, при зростанні питомого тиску, перерозподілі тиску залежно від зміни форми зношуваних поверхонь може спостерігатись заїдання, яке здатне припинити випробування з катастрофічними показниками зносу. Навпаки, при певних значеннях тиску в зоні контакту випробування можуть тривати надзвичайно довго. Очевидно, що реального методу порівняння цих двох результатів немає. Не дивлячись на те, що під зносостійкістю прийнято розуміти властивість матеріалу чинити опір зношуванню у певних умовах тертя, у зв'язку з тим, що вона оцінюється величиною, оберненою до швидкості зношування чи інтенсивності зношування, для яких відсутня вимога фіксації цих умов тертя, порівнювання цього фундаментального показника теж проблематичне. З цієї причини всі експерименти досліджень на зношування на універсальній машині для випробування матеріалів на тертя моделі 2168УМТ проводились за однаковою схемою контакту при ustalених значеннях питомого тиску, швидкості ковзання, температурі тощо. Попередньо випробувальна машина була модернізована з метою зменшення тривалості припрацювання [5, 6]. Азотувались взірці циліндричної форми, виготовлені з п'яти марок сталей, за 27 технологічними режимами. Частина взірців використовувалась для виготовлення мікрошліфів з метою дослідження структури поверхневого шару, інші – для випробувань на зносостійкість. Типовий графік залежності зносу від шляху тертя, характерний за принципом практично для всіх взірців, показано на рис. 1.

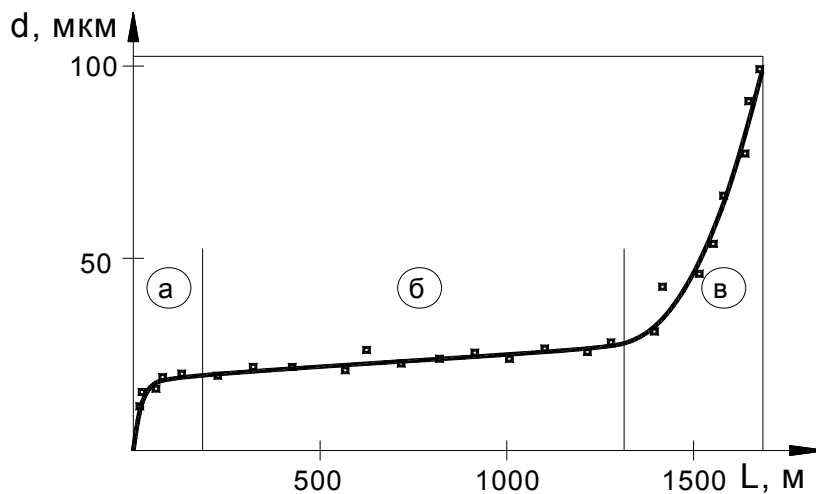


Рис. 1. Типовий графік залежності зносу від шляху тертя

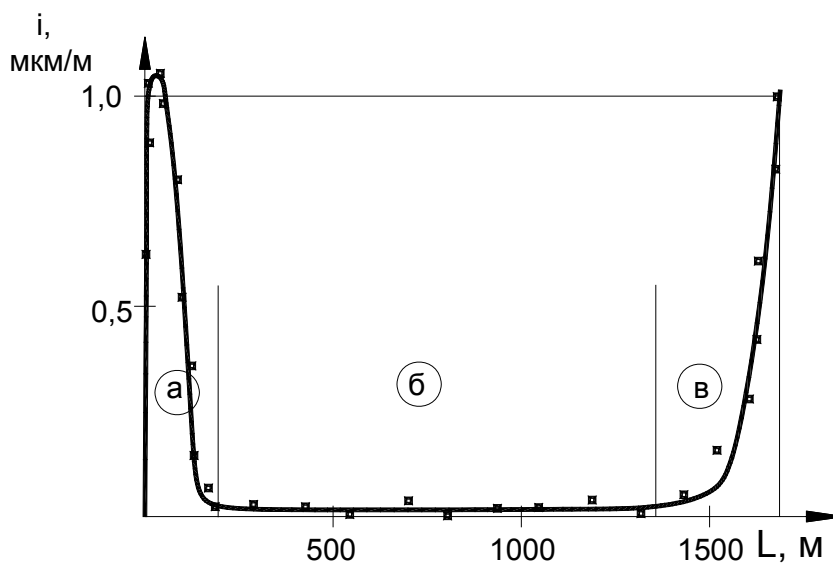


Рис. 2. Типовий графік залежності інтенсивності зносу від шляху тертя

Типова залежність інтенсивності зношування від шляху тертя демонструється рис. 2. На графіках (рис. 1, 2) точки, котрі відображають результати вимірювання, показані разом з апроксимуючими кривими.

На рис. 1 і 2 чітко відслідковуються зони припрацювання – а, усталеного зносу – б, катастрофічного зносу – в, що не суперечить літературним джерелам. Проте для вирішення задач аналізу структури наведені

характеристики малопродуктивні, оскільки аргументом залежностей слугує параметр, абсолютно не зв'язаний зі структурою модифікованого шару. На рис. 3 показано зміну інтенсивності зношування для опосередкованого взірця залежно від координати знаходження прошарку, котра вимірюється від поверхні.

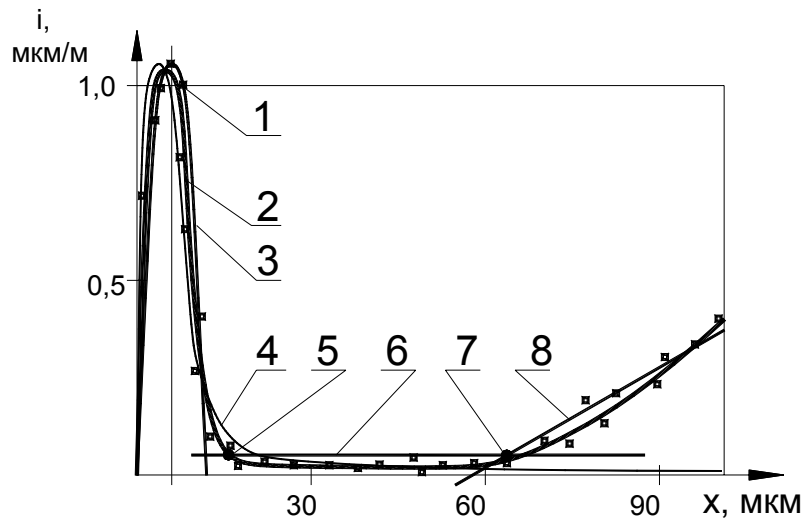


Рис. 3. Схема для визначення ефективної глибини модифікованого шару

Алгоритм автоматизованої обробки експериментальних даних наведено на рис. 4.

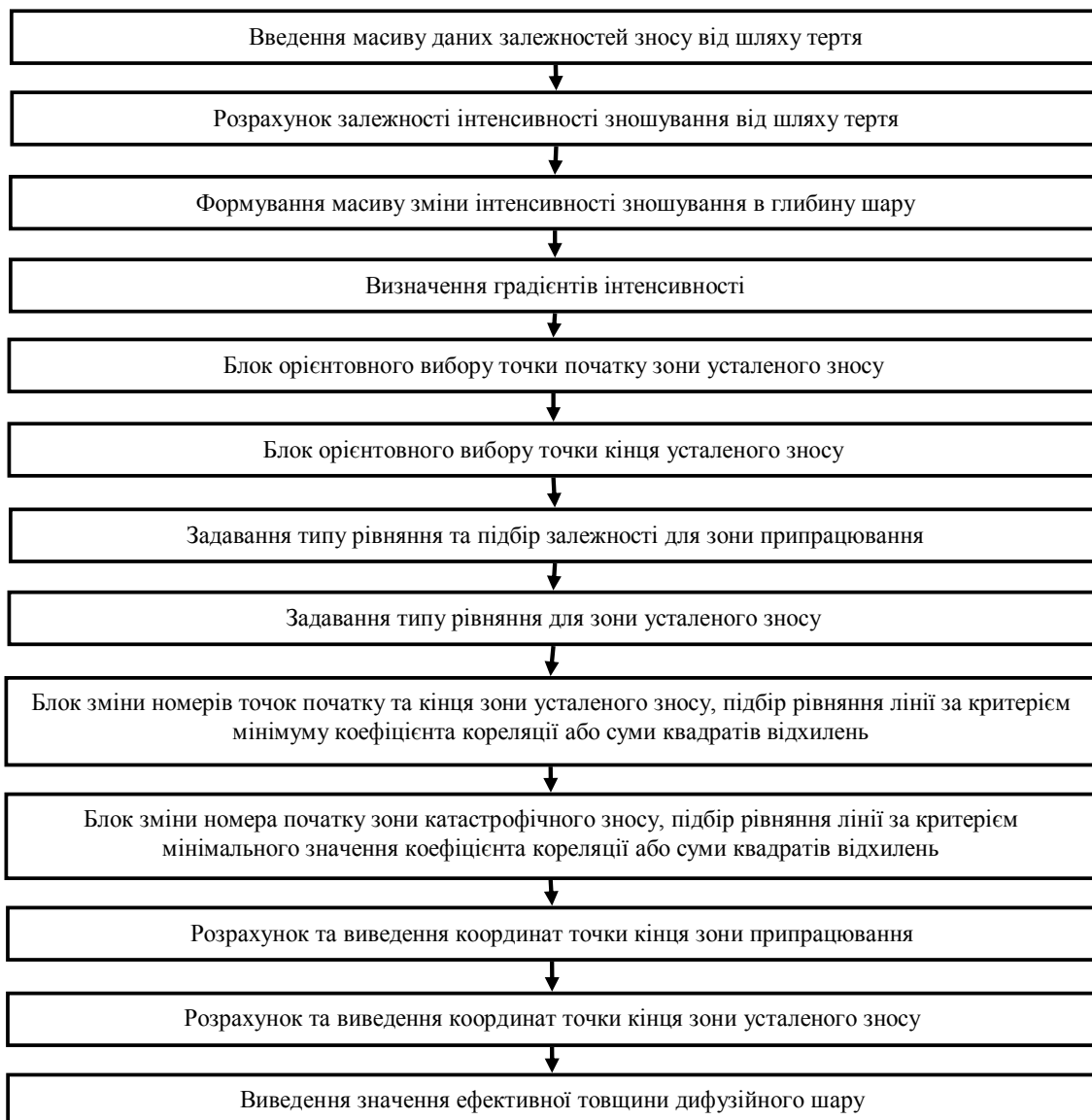


Рис. 4. Алгоритм обробки експериментальних даних для визначення ефективної товщини дифузійного шару

На рис. 3 введені наступні позначення: 1 – експериментальні розрахункові дані; 2 – апроксимація цих даних сплайновою кривою; 3 – апроксимація зони припрацювання параболою виду

$$i(x) = d - a(x - b)^c;$$

4 – апроксимація даних кривою виду

$$i(x) = a \cdot x \cdot e^{-bx};$$

5 – теоретична точка закінчення зони припрацювання; 6 – апроксимація зони усталеного зносу горизонтальною прямою виду

$$i(x) = a$$

або похилою виду

$$i(x) = a + b x;$$

7 – теоретична точка ефективної товщини дифузійного шару (термінологія – згідно з [7]); 8 – апроксимація зони катастрофічного зносу похилою виду

$$i(x) = a + b x.$$

Таким чином, координата теоретичної точки закінчення зони припрацювання знаходиться з рівності виразів 6 з одним з виразів 2–4, а теоретична точка ефективної товщини дифузійного шару відповідно рівності виразів 6 і 8.

Висновок

Запропонована методика та алгоритм визначення ефективної товщини дифузійного шару на основі експлуатаційного критерію, в якості якого прийнято перехід усталеного режиму зносу в катастрофічний. Розроблений метод більш об'єктивно порівняно з аналізом розподілу мікротвердості дозволяє встановити реальну межу використання модифікованого шару.

Література

1. Пастух І. М. Аналіз структури поверхневого шару, азотованого в тліючому розряді / І. М. Пастух, Г. М. Соколова, О. С. Здибель // Вісник ХНУ. Технічні науки. – 2014. – № 3. – С. 147–151.
2. Пастух І. М. Моделювання розподілу мікротвердості в глибину модифікованого поверхневого шару / І. М. Пастух, Г. М. Соколова, О. С. Здибель // Вісник ХНУ. Технічні науки. – 2014. – № 1. – С. 21–25.
3. Лахтин Ю. М. Азотирование стали / Ю. М. Лахтин, Я. Д. Коган. – М. : Машиностроение, 1976. – 256 с.
4. Зносостійкість виробів. Тертя, зношування та мащення. Терміни та визначення : ДСТУ 2823-94. – К. : Держстандарт України, 1994. – 31 с.
5. Пат. 92003 Україна, МПК G01N 3/56. Пристрій для дослідження зносостійкості конструкційних матеріалів / І. М. Пастух, О. С. Здибель, М. В. Лук'янюк, В. О. Курская ; заявник і патентовласник Хмельницький нац. ун-т. – № 201401681 ; заявл. 21.02.2014 ; опубл. 25.07.2014, Бюл. № 14. – 2 с.
6. Пат. 92004 Україна, МПК G01N 3/56. Спосіб дослідження зносостійкості конструкційних матеріалів / І. М. Пастух, О. С. Здибель, М. В. Лук'янюк, В. В. Люховець, В. О. Курская ; заявник і патентовласник Хмельницький нац. ун-т. – № 201401683 ; заявл. 21.02.2014 ; опубл. 25.07.2014, Бюл. № 14. – 2 с.
7. Упрочнение металлических деталей поверхностной химико-термической обработкой. Характеристики и свойства диффузионного слоя : ГОСТ 20495-75. – М. : Издательство стандартов, 1975. – 12 с.

References

1. Pastuh I. M. Analiz strukturi poverhneвого шарu, azotovanogo v tliuchomu rozryadi / I. M. Pastuh, G. M. Sokolova, O. S. Zdibel // Visnik HNU, Tehnichni nauki. – 2014. – № 3. – S. 147–151
2. Pastukh I. M. Modeluvannya rozpodilu mikrotverdosti v glybynu poverhneвого шарu / I. M. Pastukh, G. M. Sokolova, O. S. Zlybel // Visnyk Khnu. – 2014. – № 1. – S. 21–25.
3. Lakhitin J. M. Azotirovaniye stali / J. M. Lakhitin, J. D. Kogan. – M. : Mashinostroenie, 1976. - 256 s.
4. DSTU 2823-94 Znosostiykist virobiv. Tertya, znoshuvannya ta maschennya. Termini ta viznachennya. – K., Derzhstandart Ukrainy, 1994. – 31 s.
5. Pat. 92003 Ukrayina, MPK G01N 3/56 Pristryy dlya doslidzhennya znosostlykosti konstruktivnykh materialiv / I. M. Pastuh, O.S. Zdibel, M. V. Luk'yanyuk, V. O. Kurskaya; zayavnik i patentovlasnik Hmelniyskiy nats. un-t. – № 201401681 ; zayavl. 21.02.2014 ; opubl. 25.07.2014, Byul. № 14. – 2 s.
6. Pat. 92004 Ukrayina, MPK G01N 3/56 Sposib doslidzhennya znosostlykosti konstruktivnykh materialiv / I. M. Pastuh, O.S. Zdibel, M. V. Luk'yanyuk, V. V. Lyuhovets, V. O. Kurskaya; zayavnik i patentovlasnik Hmelniyskiy nats. un-t. – № 201401683 ; zayavl. 21.02.2014 ; opubl. 25.07.2014, Byul. № 14. – 2 s.
7. GOST 20495-75 Uprochnenye metallicheskykh detaley poverhnostnoy khimiko-termicheskoy obrabotkoy. Kharakteristiki i svoystva diffusionnogo sloya. – M. : Izdatelstvo standartov, 1975. – 12 s.

Рецензія/Peer review : 18.09.2014 р.

Надрукована/Printed : 30.9.2014 р.

Стаття рецензована редакційною колегією