

УДК 621.89

Широков В.В., докт. техн. наук, професор,
 Шахбазов Я.О., докт. техн. наук, професор,
 Широков О.В., канд. техн. наук,

Українська академія друкарства, м. Львів, vvshyrovkov@gmail.com

ОЦІНКА ВПЛИВУ ВОДНЮ НА ЗНОСОТРИВКІСТЬ МЕТАЛЕВИХ ПОВЕРХОНЬ

Водневе зношування – одна з небезпечних причин руйнування матеріалів при терті. Воно чутливе до концентрації водню в поверхневих шарах деталей та інтенсифікується із її збільшенням. Останнє є результатом виділення водню середовищами і матеріалами, які під час тертя руйнуються, розкладаються, адсорбції водню на поверхні тертя, дифузії водню в деформовані поверхневі шари матеріалів, утворення великої кількості мікротріщин у зоні деформації [1]. Крім того, у вузлах тертя максимальне тепловиділення фіксується під поверхнею тертя. Тому виникають градієнти температур і напружень, які спричиняють ефект накопичення водню під поверхнею та її руйнування.

Відомо, що зношування (руйнування) матеріалу - це наслідок багатократного циклічного деформування деякого приповерхневого об'єму матеріалу. Тут зароджуються мікротріщини, які розвиваються, зникають, утворюючи частинки зносу. І циклічні навантаження і водневе зношування приводять до видалення матеріалу з поверхонь тертя.

Виходячи з гіпотези, викладеної в моделі [2], швидкість γ -лінійного зношування матеріалу однозначно визначається рівнем діючої в зоні контакту питомої сили тертя τ . (рис. 1).

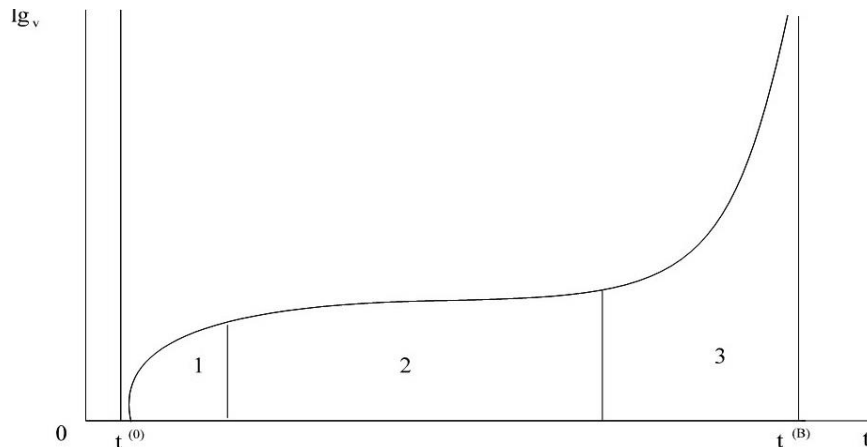


Рис.1 – Залежність швидкості лінійного зношування від питомої сили тертя

Якщо v швидкість переміщення, то I_h -інтенсивність лінійного зношування, також відзначається величиною питомої сили тертя τ . Оскільки $\gamma=v I_h$, то функція $I_h = I_h(\tau)$ буде мати аналогічний вигляд. Задавши, що зношування відбувається по-різному за різних концентрацій водню в підповерхневих шарах (ПШ) тіл, що труться отримаємо відповідні криві. Тут $c_0 < c_1 < \dots < c_n$ - концентрації водню в поверхневих шарах. Згідно з рис. 2, при збільшенні концентрації водню зменшується ділянка I, що відповідає малим значенням швидкості росту тріщин. В ній не спостерігається збільшення присутніх тріщин та зародження нових. Відповідно зменшується також ділянка II, яка становить майже прямолінійний відрізок. Для діаграми втомного руйнування це період стабільного зростання швидкості розповсюдження втомних тріщин. У цьому випадку формується стійка зона "передруйнування". Ділянка III описує асимптотичне прямування до критичних значень силових характеристик кривої. Це область циклічного зламу. При терті спостерігається перехід від нормальних видів зношування до катастрофічних - задиру,

схоплювання, тощо. Зі збільшенням концентрації водню в ПШ значно швидше відбувається вихід на цю ділянку.

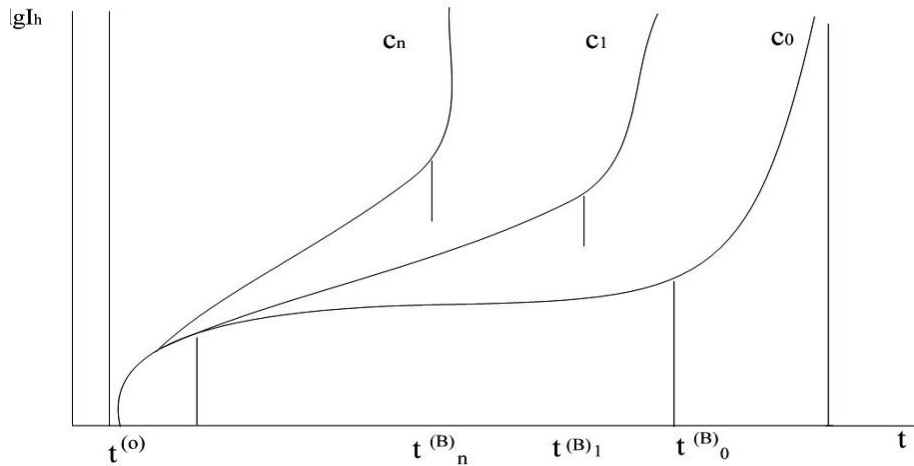


Рис. 2 – Залежність інтенсивності лінійного зношування від питомої сили тертя

Згідно теорії об'ємної втоми встановлено, що однією із характеристик втомного розповсюдження тріщин є діаграма втомного руйнування яка подає графічну залежність швидкості розповсюдження втомної тріщини v_T від коефіцієнта інтенсивності напружень k_I . Згідно з рис. 3 ця діаграма є якісно подібною до діаграми, на рис. 1.

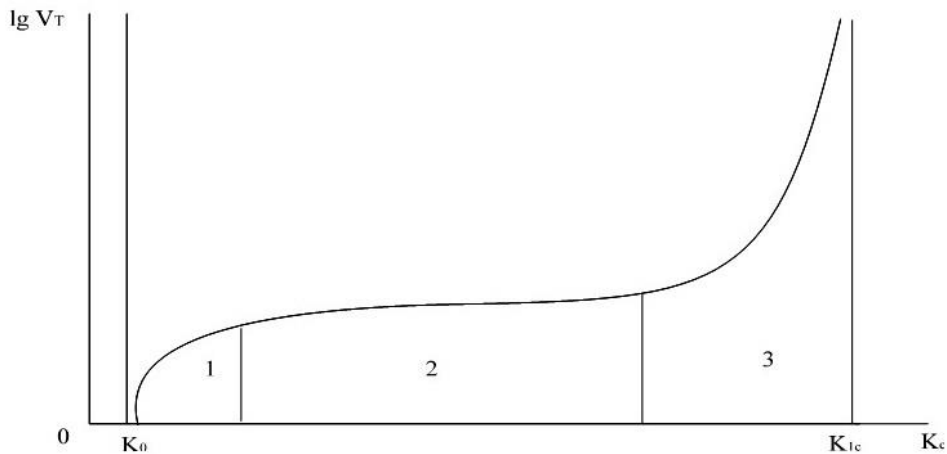


Рис. 3 – Залежність швидкості розповсюдження втомної тріщини v_T від коефіцієнта інтенсивності напружень

Цю криву можна назвати діаграмою фрикційного втомного руйнування. Важливо, що обидві діаграми мають характерні точки і області, в яких проходять подібні процеси руйнування. Величини k_0 і $\tau^{(0)}$ - це початкові або порогові значення коефіцієнту інтенсивності напружень і питомої сили тертя, нижче яких мікротріщини не зароджуються. k_{Ic} і $\tau^{(B)}$ - відповідно критичні значення. Можна припустити, що при збільшенні концентрації водню в ПШ (рис. 4) будуть мати місце знайдені залежності, де $c_0 < c_1 < \dots < c_n$ - концентрація водню в підповерхневих шарах. Тобто, при збільшенні концентрації водню повинні зменшуватись критичні значення коефіцієнту інтенсивності напружень k_{Ic} : $k_{Ic}^0 > k_{Ic}^1 > \dots > k_{Ic}^n$. Очевидно, ці міркування потребують експериментального підтвердження.

Використавши модель Андрейківа-Чернеця, можемо записати наступні співвідношення:

$$\Phi_k(\tau) = A_k \left[\left(\frac{\tau^{(b)} - \tau_k^{(0)}}{\tau - \tau_k^{(0)}} \right)^{m_k} - 1 \right] \text{ (повна діаграма зносостійкості матеріалу),}$$

$$\Phi_k(\tau) = \frac{B_k}{[\tau - \tau_k^{(0)}]^{m_k}} \text{ (неповна діаграма зносостійкості матеріалу)}$$

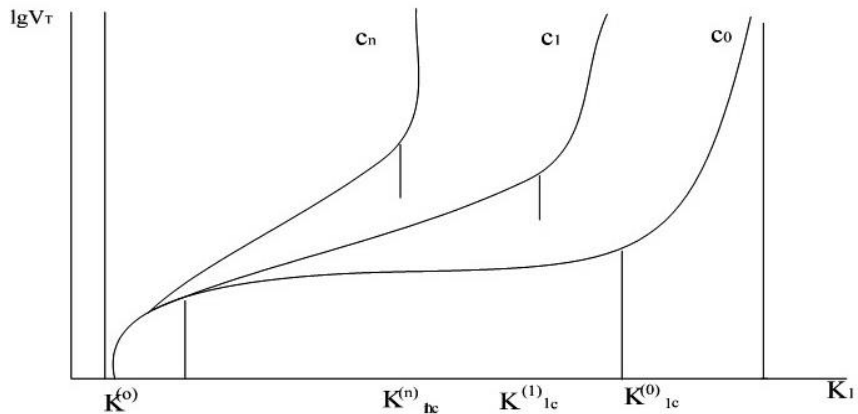


Рис.4 – Швидкість розповсюдження втомної тріщини v_T залежно від коефіцієнта інтенсивності напружень при різних концентраціях водню

У вищенаведених співвідношеннях використано наступні позначення:

$\Phi_k(\tau)$ – характеристична функція зносостійкості і $I_k = \Phi_k^{-1}(\tau)$ (Рис.5).

Коефіцієнти A_K, c, B_K, m_K – характеристики зношування матеріалів пари тертя.

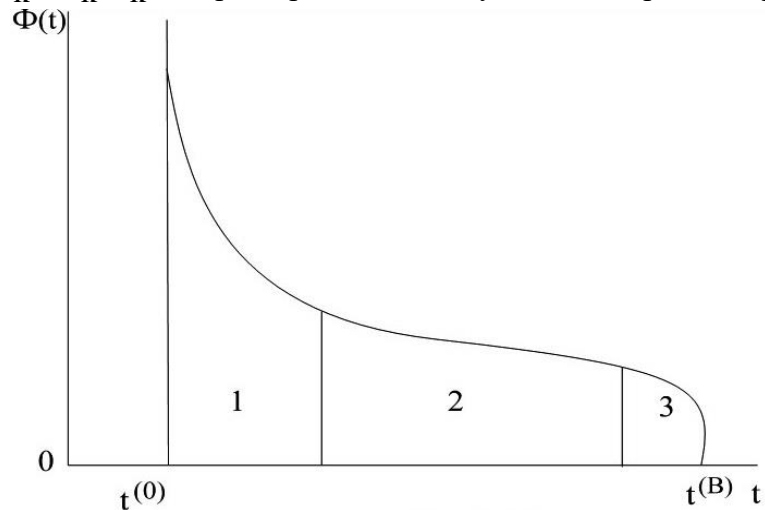


Рис.5 – Характеристична функція зносостійкості

Було б важливо отримати співвідношення виду: $A_K = A_K(c), B_K = B_K(c)$, де c – концентрація водню в приповерхневих шарах. Тоді, згідно моделі [2]:

$$\frac{1}{v} \frac{dh_k(\xi, \eta, t, c)}{dt} = \Phi_k^{-1}(\tau, c),$$

де $h_k(\xi, \eta, t, c)$ – функції, що характеризують лінійне зношування по нормалі до поверхні.

Введені характеристики матеріалів пар тертя $A_K(c)$ і $B_K(c)$ найзручніше знайти будь-яким наближеним методом, виходячи з експериментальних значень $\Phi_K(\tau, c)$. Для знаходження питомої сили тертя застосовуємо закон Амонтона-Кулона $\tau = fp$, де p – контактний тиск, а f – коефіцієнт тертя.

Таким чином, гіпотеза про вплив водню, що знаходиться в приповерхневих шарах, на зносостійкість матеріалів пар тертя потребує втілення у кількісних співвідношеннях, які можна закласти у модель зношування, запропоновану Андрейківим-Чернецем, та потребує відповідних експериментальних підтверджень.

Список посилань

1. Широков В. В. Водневе зношування як порушення граничної рівноваги пружного стану приповерхневих шарів металевих тіл тертя / В. В. Широков, І В. Калиняк, О. В. Широков // Наукові нотатки. – 2011. – Вип. 32. – С. 489-497.
2. Андрейкив А. Е. Оценка контактного взаимодействия трущихся деталей машин. / Андрейкив А. Е., Чернец М. В. – Київ, 1991. –154 с.

УДК 621.715.4

Олійник С.Ю., канд. техн. наук,
Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ,
dgma.tm.su.oleynik@gmail.com

ЗАСТОСУВАННЯ МАГНІТОРЕОЛОГІЧНИХ ЕЛАСТОМЕРІВ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ВІБРАЦІЇ ТОНКОСТІННИХ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ОБОЛОНОК НА ОПЕРАЦІЯХ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

Тонкостінні оболонкові деталі авіаційної та ракетної техніки характеризуються складною формою профілю, широким діапазоном розмірів, різноманітністю матеріалу з якого вони виготовлені та можуть мати конструктивні елементи. Через високі вимоги до робочих поверхонь оболонок механічна обробка є необхідним етапом виготовлення таких виробів [1; 2]. Механічна обробка ускладнюється через податливість заготовки під дією сил різання і закріплення та виникнення неприпустимого рівня коливань в технологічній системі. Досягнути зниження деформації заготовки та вібрацій в технологічній системі можливо при використанні спеціальних пристосувань або відповідних знижених режимів різання. Сучасне виробництво характеризується швидкозмінністю, тому повинно мати гнучкість при збереженні продуктивності. При зниженні режимів різання неминуче буде втрата продуктивності. Більш ефективним є точна оцінка та прогнозування похибок, які виникають в процесі механічної обробки.

В сучасній спеціальній літературі є достатньо високий інтерес відносно дослідження динамічної поведінки та методів її оцінки для тонкостінних оболонок різної форми с різними граничними умовами її затискання. В дослідженні [3] моделювання та результати чисельних розрахунків показали, що система циліндричних оболонок з постійним проміжком демонструє безліч нелінійних явищ, серед яких біфуркація подвоєння періоду, мультиперіодичні та квазіперіодичні, хаотичні рухи.

В дослідженні, яке представлено в роботі [2] показано, що для демпфування коливань оболонкової деталі було запропоновано накладати гнучкий лист, який гасить високочастотну складову завдяки своїм динамічним властивостям. Для гасіння низькочастотних коливань використовувалися дискретні маси, які встановлювались на заготовці за допомогою клею. Недоліком такого рішення є те, що його неефективно використовувати для оболонок складної форми. В дослідженні [4] було проведено моделювання динамічних параметрів підсистеми «оправка-заготовка» для відомих варіантів конструкцій затискного пристрою. Серед розглянутих конструкцій пристосування, які містять барабан для внутрішньої і оправку для зовнішньої обробки виробу з додатковими вузлами фіксації стінки виробу. Інше пристосування має гумову камеру, яка розташована уздовж поверхні виробу між вузлами фіксації. Камера наповнюється рідиною, що дозволяє зменшити деформації стінки під час обробки розподілив тиск від шліфувальної головки на всю поверхню. Для порівняння також було розглянуте пристосування, яке запропоновано в патенті [5] та реалізує вертикальну схему обробки.

Результат моделювання показав, що достатньо забезпечити наявність двох опор для фіксації профілю заготовки оболонки по всій контактній поверхні без зазорів, базування по торцевій поверхні, наявність схеми установки, що дозволяє виконати обробку повного