

УДК 621.774.001

¹А.А. Ткачук, канд. техн. наук, ²О.П. Дахнюк

¹Луцький національний технічний університет, Україна

²ДП Луцький ремонтний завод «Мотор», Україна

КОМБІНОВАНЕ ЗМІЦНЮВАЛЬНО-ВИКІНЧУВАЛЬНЕ ОБРОБЛЕННЯ, ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙНОСТІ СПРЯЖЕНИХ ПОВЕРХОНЬ МАЛОЖОРСТКИХ ДЕТАЛЕЙ

А.А. Tkachuk, Ph.D., O.P. Dahnyuk

COMBINED STRENGTHENING-FINISHING AS A MEANS TO INCREASE THE WEAR RESISTANCE OF CONJUGATE SURFACES NOT RIGID DETAILS

Згідно до сучасних принципів машинобудування мікрогеометрія поверхонь, які працюють в умовах контактного навантаження, повинна відповідати наступним вимогам:

1. В умовах гідродинамічного мащення: оптимальна шорсткість Ra , яка забезпечує достатню міцність масляної плівки; утворення масляного клина, зумовлене оптимальним розташуванням «масляних кишень»;

2. В умовах граничного тертя: висока маслоємність поверхні; значна контактна жорсткість k ;

3. В умовах фретингу: оптимальна контактна податливість, що сприяє рівномірному розподілу контактного тиску та деконцентрації напружень σ_0 ; забезпечення виводу продуктів руйнування з контактної зони.

Комбінуванням операцій вигладжування та обкатування можуть бути утворені поверхні з мікрорельєфами, що будуть задовольняти всі перераховані вимоги [1]. В зв'язку з тим, що рельєф поверхневого шару в процесі комбінованого зміцнювально-викінчувального оброблення утворюється сукупністю канавок, які формуються під впливом індентора, тому доцільно розглянути процес їх формоутворення. Відомо, що під час тертя-ковзання індентора, який знаходиться під впливом радіальної до поверхні сили P_y по боках та спереду нього утворюються напливи видавленого матеріалу. Для опису профілю канавки необхідно визначити наступні основні параметри h – глибину проникання індентора; h_σ – залишкову глибину канавки; h_{np} – пружне відновлення після проходження індентора; h_k – глибину канавки, яка відраховується від середньої лінії початкового профілю tp ; h_{nn} – висоту переднього напливу; h_{bn} – висоту бічного напливу; b_n – ширину канавки, яка визначається по вершинах напливів; b_k – ширину канавки; l_n – розмір зони пластичної деформації перед індентором; l_b – розмір зони пластичної деформації по боках індентора; R_{np} – профільний радіус індентора; R_k – радіус канавки після проходження індентора.

Визначити ці параметри аналітичним шляхом досить тяжко, що зумовлено насамперед складністю напружено-деформованого стану, необхідністю врахування формування переднього та бічних напливів, пружного відновлення профілю канавки, сил тертя, фізико-механічних властивостей матеріалу. Внаслідок складності процесу тертя-ковзання індентора по поверхні в ході виконання теоретичного аналізу доводиться використовувати спрощення, які спотворюють кінцевий результат [2]. Так згідно до розрахунків глибина проникання під час переходу індентора від статичного стану до динамічного збільшується приблизно в 4 рази. Такий результат отримано без врахування пружного відновлення, але і з його врахуванням вона залишається незначною. Згідно до експериментальних даних «просідання» індентора складає 5...10%, або зовсім відсутнє. В окремих випадках спостерігається «спливання»

індентора, що пояснюється впливом сил тертя, які виникають під час текучості відтисненого матеріалу та утворення напливів. Експериментальні дослідження, проведені на матеріалах сталь 45 та сталь ШХ15 показали, що глибина канавки в першому наближенні знаходиться в лінійній залежності від нормальної сили P_y . Для сталі 45 та радіусів індентора >20 мм апроксимація навантаження до нуля дає близькі значення h_σ . Для сталі ШХ15 і профільних радіусів індентора <20 мм точки апроксимації зсуваються в сторону більш високих значень нормальної сили.

Більш детальний аналіз показав, що залежність $h_\sigma=f(P_y)$ значною мірою відповідає ступеневій функції типу: $P_y = ab_n^n$, де a і n – емпіричні коефіцієнти, справедливі для досліджуваного матеріалу, що знаходиться в конкретному стані.

Виходячи з цієї залежності може бути розрахована глибина канавки h_σ після проходження індентора. При цьому необхідно врахувати пружне відновлення h_{np} яке знаходиться на підставі розв'язання рівняння Герца для пружної взаємодії індентора та заготовки:

$$h_{np} = 1,3R_{np}^{1/3}h^{2/3} \left[\frac{(1-\mu^2)HB}{E} \right]^{2/3}, \quad (1)$$

де HB – твердість за Брінелем; E – модуль пружності досліджуваного матеріалу; μ – коефіцієнт Пуассона. Впливом модуля пружності індентора (матеріал ВК8-В) нехтуємо, оскільки він на кілька порядків перевищує значення E для звичайних конструкційних матеріалів. Оскільки $h_{np}=h-h_\sigma$ і $h \approx b_n^2/(8R_{np})$, після підставлення отримали:

$$h_\sigma = \frac{1}{R_{np}} \left\{ \frac{b_n^2}{8} - 0,325b_n^{4/3}R_{np}^{2/3} \left[\frac{(1-\mu^2)HB}{E} \right]^{2/3} \right\}, \quad (2)$$

Для оцінки профілю отриманої канавки необхідно визначити висоту напливів з боків індентора, відношення висоти бічного напливу до залишкової глибини канавки можна описати залежністю:

$$h_{бн}/h_\sigma = A(h_\sigma/b_n)^m, \quad (3)$$

де A і m – коефіцієнти.

За допомогою формул (1) - (3) не можна відразу розрахувати режими оброблення за відомими механічними властивостями матеріалу, але вони дозволяють скоротити обсяг робіт з експериментального їх визначення, оскільки для отримання повної інформації про параметри канавки при різних силах і радіусах індентора достатньо побудувати залежність $h_\sigma=f(P_y)$ для одного, будь-якого в межах 0,25...50 мм радіуса індентора. Це стає можливим, оскільки h_σ практично не залежить від значення R_{np} , і визначається значенням сили P_y . Таким чином запропонований спосіб оброблення дозволяє регулювати профіль канавок і розміри напливів, відкриваючи додаткові можливості керування мікрогеометрією поверхневого шару. Встановлено, що суттєвий вплив на зносостійкість спричиняють геометричні та фізико-механічні характеристики поверхневого шару, а також його структурний стан, які можуть бути значно покращені шляхом застосування комбінованої зміцнювальної технології.

Література

1. Улашкин А.П. Выбор отделочно-упрочняющих методов обработки (для повышения износостойкости деталей машин). – Хабаровск: Изд-во Хабар, гос. техн. ун-та, 1998. – 103 с.
2. Шнейдер Ю.Г. Эксплуатационные свойства деталей с регулярным микрорельефом / Ю.Г. Шнейдер. Л.: Машиностроение, 1982. 248 с.