

УДК 621.9: 658.5

А.А. Ткачук, аспірант
Луцький національний технічний університет

СУЧАСНІ УЯВЛЕННЯ ПРО ТЕХНОЛОГІЧНУ СПАДКОВІСТЬ В ПРОЦЕСАХ ПОВЕРХНЕВОГО ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ

В статті описано структурні взаємозв'язки між технологічними операціями оброблення деталей приладів з точки зору теорії технологічної спадковості. На основі літературних джерел проведено огляд основних залежностей для опису даного явища та виділено найбільш адекватні залежності для подальшого їх використання. Розроблено узагальнену імітаційну стохастичну модель технологічної операції ППД, адекватність якої підтверджено експериментальними дослідженнями.

Вступ. Відомо, що до структури типових технологічних процесів пластичного зміцнювального оброблення входять операції лезового, абразивного різання та поверхневого пластичного деформування (ППД).

З точки зору теорії технологічної спадковості ці процеси залишають відбиток не тільки на геометричних характеристиках поверхні, але й на фізико-механічному стані поверхневого шару, який проявляється не тільки під час виготовлення деталі, а й в ході її експлуатації.

Мета дослідження. Відповідно виникає потреба у систематизації всіх відомих методів для визначення впливу технологічної спадковості на параметри мікрогеометрії в ході зміцнювально-вигладжувального оброблення та виявлення найбільш адекватних залежностей для дослідження даного явища та подальшого керування геометричними параметрами з точки зору теорії про технологічну спадковість.

Викладення основного матеріалу. Явища, які відбуваються під час різання та ППД, описані в працях

А.Г. Алексеєва, Д.Д. Папшева, А.М. Розенберга,
В.М. Смельянского, В.М. Торбило, Ю.А. Бакірова та ін.

На даний час запропоновано велику кількість залежностей та закономірностей у вигляді функцій, графіків, таблиць, математичних моделей для встановлення взаємозв'язків між параметрами якості поверхневого шару та експлуатаційними характеристиками деталей.

Так, наприклад, в праці [1] автор оцінює міцність втомі на основі сукупності параметрів якості та пропонує модель для визначення межі стійкості втомі сталі ШХ15 ГОСТ 801-78 після токарного оброблення:

$$\sigma_{-1} = A_0 + A_1 R_a + A_2 h_n + A_3 \delta, \quad (1)$$

де R_a – шорсткість поверхні, мкм; h_n – глибина зміцненого шару, мкм; δ – ступінь зміцнення; A_0, A_1, A_2, A_3 – емпіричні коефіцієнти.

Автор праці [2] стверджує, що довговічність деталі забезпечується оптимально пов'язаними між собою параметрами якості та описується наступною функцією:

$$t = f(h, \delta, \sigma_{зал}, R_z, \dots), \quad (2)$$

де t – довговічність деталі; $h, \delta, \sigma_{зал}, R_z$ – відповідно глибина, ступінь зміцнення, залишкові напруження та шорсткість поверхні.

На рис. 1 наведено схему взаємозв'язків експлуатаційних характеристик деталей з фізико-механічними параметрами поверхневого шару заготовки на різних етапах технологічного циклу виготовлення. У вертикальному напрямку в структурній схемі розташовані етапи технологічного процесу, а в горизонтальному складові експлуатаційних характеристик утвореної поверхні. Очевидно, що між окремими етапами технологічного процесу існують зв'язки по горизонталі та по вертикалі, співвідношення між якими спричиняє вплив на стан експлуатаційних властивостей готової деталі.

Таким чином, багатofакторна задача забезпечення оптимальних експлуатаційних характеристик поверхонь та деталей у складі виробу зводиться до оптимізації співвідношень зв'язків у структурі життєвого циклу деталі [3].

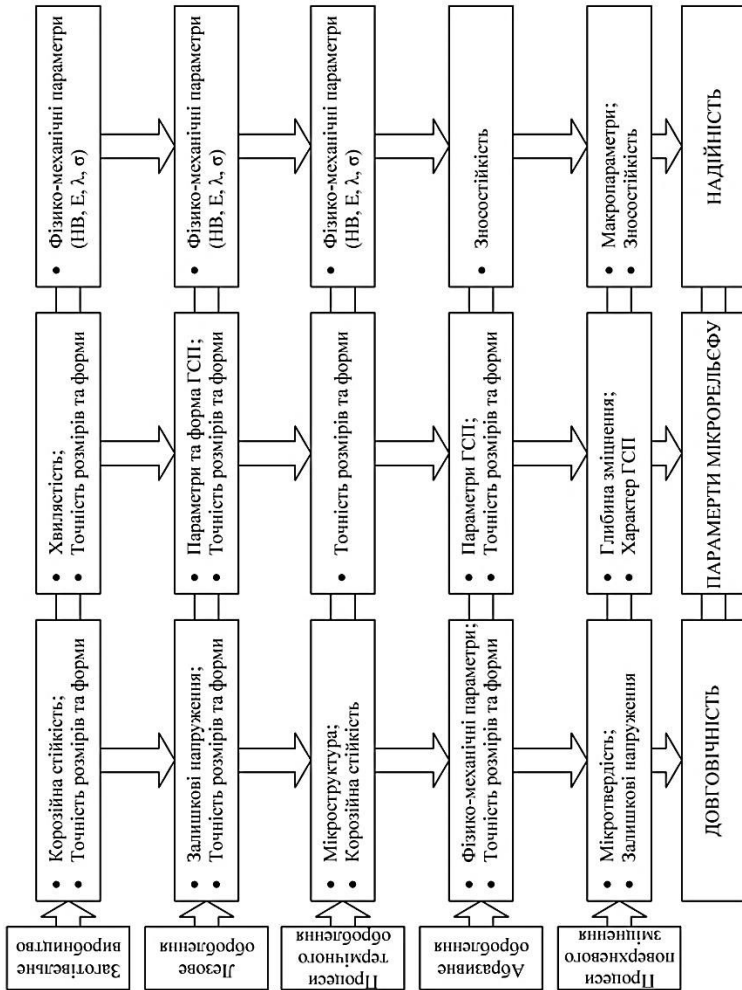


Рис. 1. Схема взаємозв'язків експлуатаційних характеристик деталей з фізико-механічними параметрами поверхневого шару заготовки

Вплив зміцнювального оброблення на довговічність деталей має складний характер. Із збільшенням глибини та ступеня зміцнення межа стійкості матеріалу збільшується, але при певних режимах, зміцнення має негативний вплив, який

виражається в зниженні стійкості втомі. Збільшення межі стійкості втомі під час алмазного вигладжування відбувається не тільки внаслідок зміцнення, а й через утворення в поверхневому шарі залишкових напружень стиску.

В ході проведених досліджень встановлено, що:

- з пониженням шорсткості поверхні міцність втомі підвищується, при цьому має значення не тільки висота, але й форма мікронерівностей;
- при збільшенні глибини та ступеня наклепу міцність втомі зростає до певної межі, потім починає знижуватись;
- залишкові напруження стиску в поверхневому шарі (характерні для оброблення ППД) спричиняють підвищення міцності втомі та довговічності.

На основі обробки експериментальних даних під час оброблення сталі ШХ15 отримано емпіричну залежність, яка описує глибину зміцнення (наклепу) в залежності від режимів оброблення:

$$h = \frac{4,12s^{0,3}t^{0,1}\alpha^{0,02}r^{0,45}}{R_g^{0,3}(90 + \gamma)^{0,5}} \quad (3)$$

де h – глибина зміцнення; t – глибина різання, мм; γ – передній кут, град; α – задній кут, град; r – радіус заокруглення ріжучої кромки, мм; R_g – радіус при вершині різця, мм.

В.М. Торбило запропоновано наступну залежність для визначення шорсткості поверхні після алмазного вигладжування [5]:

$$R_z = R - \sqrt{R^2 - \frac{s^2}{4}}, \quad (4)$$

де R_z – шорсткість вигладженої поверхні; R – радіус вигладжуючого інструменту; s – подача.

Ю.А. Бакіров отримав вираз, що описує ступінь зміцнення під час точіння в залежності від технологічних факторів та впливу технологічної спадковості [1]:

$$\delta_i = 10,2s^{0,2}t^{0,1}\delta_{i-1}, \quad (5)$$

де δ_i, δ_{i-1} – степінь наклепу, яку отримано на i -й та $i-1$ операції відповідно; s – подача, мм/об; t – глибина різання, мм.

В працях А.Р. Ключина висунуто гіпотезу, про те, що в деталях ще до оброблення ППД діють залишкові напруження, отримані в результаті попередніх технологічних операцій, тобто має місце технологічна спадковість. Автором розроблено залежність результуючих (після ППД) залишкових напружень:

$$\sigma^0 = \sigma^n + \sigma^p = \left(K_1 \sigma^n + \sigma_c^n + \sigma_Q^n \right) - \left(K_2 \sigma^n + \sigma_c^m + \sigma_Q^m + \sigma_c^p + \sigma_Q^p \right), \quad (6)$$

де σ^0 – результуючі (після ППД) залишкові напруження; σ^n – напруження навантаження; σ^p – напруження розвантаження; σ^n – початкові (перед ППД) напруження; K_1, K_2 – коефіцієнти, що враховують ступінь зміни σ^n на етапах навантаження при обробленні ППД та при знятті навантаження; σ_c^n, σ_Q^n – компоненти напружень, що залежать від силового та теплового факторів; $\sigma_c^m, \sigma_Q^m, \sigma_c^p, \sigma_Q^p$ – компоненти напружень розвантаження, що залежать від впливу силового та теплового факторів ППД, які викликають залишкові деформації згину та розтягу деталі відповідно.

В працях С.Л. Леонова запропоновано модель формування топографії поверхні в ході механічного оброблення. Тут технологічна операція розглядається як процес перетворення характеристик заготовки Z , в характеристики деталі D :

$$D = f(Z, I, S, R), \quad (7)$$

де I, S, R – параметри інструменту, обладнання та режимів оброблення відповідно.

В основі запропонованої моделі лежить гіпотеза про те, що отримані в результаті оброблення топографія поверхні та характеристика деталі мають окрім систематичної ще й випадкову складову, врахування якої дозволяє визначити ймовірність появи браку шорсткості, підвищити точність проведення розмірного аналізу технологічних процесів, оптимізувати технологічні завдання.

Особливістю даної моделі є те, що топографія поверхні формується за рахунок копіювання геометрії інструменту матеріалом заготовки, коливальних рухів технологічної системи, пружних та пластичних деформації оброблюваного матеріалу, які викликають утворення систематичної складової топографії, та випадкових руйнувань і налипань матеріалу заготовки на інструмент, що формує випадкову складову (рис. 2).

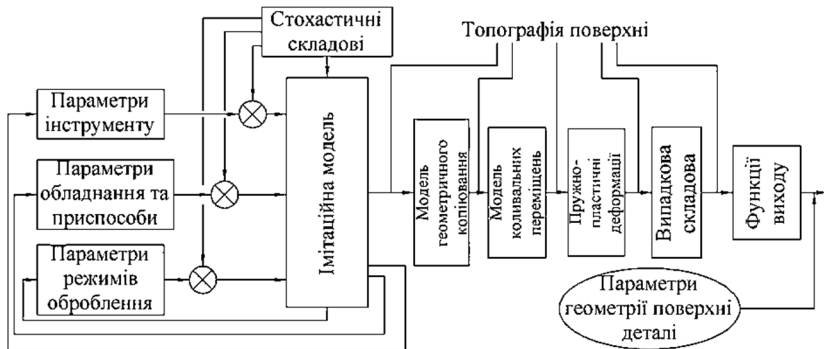


Рис. 2. Структура узагальненої імітаційної стохастичної моделі технологічної операції ППД

Провівши аналіз рівнянь (1) – (7) можна сказати, що на сьогоднішній день накопичено значний досвід в області закономірностей формування якості поверхневого шару під дією технологічних факторів оброблення з врахуванням явища технологічної спадковості. Результати цих рівнянь враховують вплив технологічної спадковості на формування окремих показників якості поверхневого шару.

Дана модель розроблена шляхом статистичного оброблення результатів експериментальних досліджень впливу величин технологічних режимів на показники якості поверхневого шару.

Тут, фізичні закономірності формування показників якості в процесі впливу на поверхневий шар ріжучого та деформуючого інструменту не розглядаються.

У зв'язку з цим інженерне використання методик проектування зміцнюючих технологічних процесів, розглянутих вище, які використовують для опису зв'язків емпіричні моделі без врахування явищ, які протікають в поверхневому шарі під

час оброблення, вимагає значних експериментальних досліджень.

Опис явищ та закономірностей, що відбуваються в поверхневому шарі деталі під час оброблення та експлуатації, можливий із застосуванням наступних підходів: фізичного, який пояснює явища на рівні атомно-кристалічної будови, виникнення та руху дислокацій; термодинамічного, в основі якого лежить поняття про внутрішню енергію системи.

Висновок. Достатньо апробованими для опису формування та трансформації характеристик поверхневого шару на стадіях оброблення та експлуатації являється математичний апарат механіки суцільного середовища. Застосування цього апарату дозволяє описати в однаковій термінології та категоріях фізичну природу поведінки металу на стадіях оброблення та експлуатації та приводити результати експериментальних досліджень у формі зручній для інженерного використання.

Література:

1. Бакиров Ю.А. Обеспечение требуемого качества поверхностного слоя деталей при токарной обработке / Ю.А. Бакиров, И.Н. Карелин // Станки и инструмент. - 1985. - №8. - С. 20 - 21.
2. Горленко О.А. Технологическое обеспечение эксплуатационных свойств деталей машин / О.А. Горленко, А.Г. Суслов, В.П. Федоров. - М.: Машиностроение, 2006. - 448 с.
3. Заблоцький В.Ю. Про вплив технологічної спадковості на експлуатаційні характеристики кілець роликотішипників / В.Ю. Заблоцький // Наукові нотатки(за галузями знань «Машинобудування та металообробка», «Інженерна механіка», «Металургія та матеріалознавство»). – Луцьк: ЛДТУ, 2004. – №15. – с. 143-147.
4. Сулима А.М. Качество поверхностного слоя и усталостная прочность деталей из жаропрочных и титановых сплавов / А.М. Сулима, М.И. Евстигнеев. - М.: Машиностроение, 1974. - 256 с.
5. Торбило В.М. Алмазное выглаживание / В.М. Торбило. Машиностроение, 1972. - 104 с.
6. Федоров В.П. Адаптация поверхностей трибозащитных элементов к нестационарным условиям эксплуатации обработкой ППД программным способом / В.П. Федоров, М.Н. Нагоркин, Е.В. Ковалева, Д.В. Чмыхов // Упрочняющие технологии и покрытия. - 2007. - №10. - С. 9 - 15.