

УДК 621.91

Сарафін В. - ст. гр. МТм-51

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

## **МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ФОРМУВАННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ЗАГОТОВОК РІЗАЛЬНИМ ІНСТРУМЕНТОМ**

Науковий керівник: к.т.н., доцент Данильченко Л.М.

Sarafin V.

*Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University*

## **SIMULATION OF FORMING PROCESSES OF WORKPIECES SURFACE COATING BY CUTTING TOOL**

Supervisor: L.M. Danylchenko, Ph.D., Assoc. Prof.

Ключові слова: заготовка, поверхневий шар, моделювання процесів формування  
Keywords: workpiece, surface coating, simulation of forming processes

Вплив різального інструменту на стан поверхневого шару характеризується з точки зору мікрогеометрії поверхні та її фізико-механічних властивостей. Серед останніх розрізняють залишкові напруження та мікроструктурні перетворення. Джерелом появи залишкових напружень при механічному обробленні є одночасна дія трьох факторів:

1. Нерівномірна пластична деформація поверхневого шару. В зоні перед різальним клином матеріал стискається передньою поверхнею. При терті задньої поверхні інструменту по оброблюваній, поверхневий шар розтягується. Границею цих зон є різальна кромка інструменту.

2. Локалізоване нагрівання тонких поверхневих шарів внаслідок деформації й тертя призводить до великих температурних напружень. Після охолодження деталі в її поверхневому шарі можуть з'явитись значні розтягувальні залишкові напруження.

3. Вторинні фазові перетворення у поверхневих шарах призводять до утворення вторинних структур із різними питомими об'ємами. Цей чинник може викликати появу залишкових напружень різного знаку і величин.

Отже, для зазначених явищ під час оброблення лезовим інструментом характерним є тісний взаємовплив, що значно ускладнює процес їх моделювання.

Змістовну постановку задачі формування поверхневого шару з заданими властивостями за допомогою різального інструменту зображено на рис. 1.

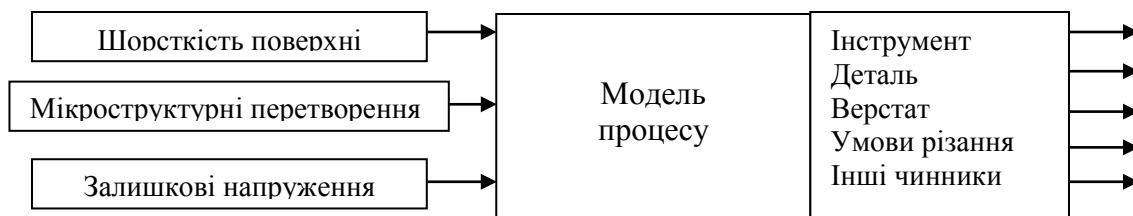


Рис. 1. «Обернена» схема визначення керованих чинників для забезпечення визначених характеристик поверхневого шару

Геометрія інструменту, матеріал деталі та інструменту, умови різання є

цільовими параметрами, які потрібно отримати для того, щоб задовольнити заданим експлуатаційним вимогам (шорсткості поверхні, мікроструктурним перетворенням, залишковим напруженням тощо). Керованими параметрами в даній задачі є технологічні чинники, до яких входять швидкість різання, подача, геометрія різального інструменту, товщина шару, що зрізається.

Розглядаючи зазначені змістовну постановку задачі з точки зору «прямих» математичних моделей, придатних для її опису, визначено наявність цілої низки моделей різного рівня абстракції. Зокрема, температурні поля в поверхневому шарі описуються за допомогою крайової задачі для рівняння із частковими похідними параболічного типу; напружений стан описується за допомогою систем диференціальних рівнянь, в результаті розв'язку яких можна отримати опис напруженого стану у вигляді тензорного поля. Що стосується мікроструктурних перетворень, то абстрактні математичні моделі цих процесів на теперішній час досліджуються і не описані. Знання про них формулюються в описовому вигляді.

Більше того, оптимізація процесів різальним інструментом, оснащеного надтвердими матеріалами, ускладнюється в зв'язку з наведеними нижче чотирма міркуваннями:

1. Моделі утворення поверхні в результаті лезового оброблення дуже складні, нелінійні та неточні. Відсутня диференційованість за параметрами проектування, що призводить до труднощів із використанням методів нелінійного програмування. Наприклад, точна аналітична залежність зношування від умов різання та геометрії різання невідома. Довжина фаски зношування обраховується ітераційно чисельним інтегруванням на основі моделі інтенсивності зношування інструменту, яка є функцією від умов різання, геометрії інструменту та інформації про процес стружкоутворення (температура, напруження), в той же час інформація про процес повинна бути поновлювана з розвитком зношування інструменту. Також отримати аналітичну модель для формування поверхневого шару та залишкових напружень.

2. Деякі моделі для прогнозування вимагають великих обчислень, наприклад, обрахунку напружень в 3D, які визначаються на основі модифікованої теорії механічного оброблення Окслі, де кут зсуву обчислюється ітераційно від 5 до 45° з кроком 0,1 на основі принципу мінімуму сили. Необхідна ефективна стратегія пошуку для того, щоб віднайти оптимальне рішення в такій чисельно громіздкій задачі.

3. Деякі керовані змінні обираються з дискретних множин (наприклад, передній та задній кути, радіус заокруглення тощо). Взагалі більш економічно обирати стандартні рішення з каталогів виробників інструменту. Тому виникає необхідність використання цілочисельного програмування.

4. Оптимізація процесу фрезерування відбувається за умови забезпечення якості поверхні та можливостей верстата, це робить множину припустимих значень малою й можливо незв'язною. Проблематично навіть знайти припустиме рішення.

Незважаючи на активні пошуки та прогрес в глобальній оптимізації в останні роки, варто зазначити, що ефективні процедури для розв'язування загальної нелінійної задачі потребують подальшого дослідження.

Тому стратегія розв'язання, яка підходить до задачі, що нами розглядається, повинна обиратися або розроблятися. Потрібно розробляти загальну оптимізаційну схему, яка включає характеристики процесів різання, фрезерування, свердління тощо, які входять до загальної структури механічного оброблення деталі, тобто за всіма операціями технологічного процесу.