

УДК 658.511

Л.М. Данильченко, канд. техн. наук, доц., Я.Т. Кушнір

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ІМІТАЦІЙНО-РЕОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ОРІЄНТОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ТП

L.M. Danylchenko, Ph.D., Assoc. Prof., Y.T. Kushnir

RESEARCH OF SIMULATION-RHEOLOGICAL MODEL OF FUNCTIONAL-ORIENTED TP DESIGN

Особливістю впровадження функціонально-орієнтованих технологій для ефективної реалізації методології PLM в машинобудуванні на основі принципу паралельного проектування є використання САФ-системи (Computer Aided Forming). В основі цієї системи покладені аналіз реологічної імітаційної моделі окремих технологічних переходів і комплекс функціональних модулів і аналітичних додатків формування точнісних, термодформаційних, мікрогеометричних і структурно-фазових параметрів оброблюваних поверхонь. Наповнення репозиторія даних шляхом вдосконалення цифрового макету виробу відбувається вже на стадії технологічної підготовки виробництва, а не в результаті проведення працемістких експериментальних досліджень. Для врахування особливостей експлуатації окремих деталей у вузлі або технологічній системі і забезпечення заданого, необхідного або граничного їх експлуатаційного потенціалу, необхідно реалізувати алгоритм прийняття рішень щодо вибору структури та параметрів технологічного процесу, виходячи з предиктивних можливостей САФ-системи.

Результатом роботи цієї системи є комплекс напружено-деформаційних, силових та термодинамічних параметрів різання, динаміка зміни кута зсуву та картина фазових перетворень на обробленій поверхні матеріалу. Це дає змогу здійснити прогнозування таких важливих експлуатаційних параметрів, як мікротопологія обробленої поверхні, залишкові напруження I і II роду, фізико-хімічний стан поверхневого шару тощо.

Узагальнений алгоритм синтезу технологій, що базується на ітераційних і рекурентних зв'язках, пов'язаний з САФ-системою в структурі CAD/CAPP/CAM, і процес проектування цих технологій базується на наступних етапах:

- формування цифрового макету виробу;
- формалізація умов забезпечення ефективного функціонування виробів;
- імітаційне реологічне моделювання напружено-деформованого, термодинамічного та структурно-фазового стану найбільш відповідальних поверхонь деталі в процесі їх формоутворення;
- імітаційне прогнозування функціонально-орієнтованих властивостей виробу;
- пресинтез структури та параметрів технологічного процесу і технологічного забезпечення об'єктно-орієнтованої технології;
- коригування і синтез структури технології на базі принципів функціонально-орієнтованих технологій;
- забезпечення параметрів або граничних властивостей виробу залежно від потенційних умов та особливостей його експлуатації в технологічній системі.

Для повноцінного функціонування САФ-системи, основаної на результатах імітаційно-реологічного моделювання технологічних переходів механічного оброблення деталей, необхідно сформувати базу даних та базу знань, які включають:

- формалізовану проблемно-орієнтовану інформацію щодо фізико-механічних характеристик оброблюваного та інструментального матеріалу (механічні та

термодифузійні характеристики, криві термодинамічного зміцнення матеріалів, їх структурно-фазовий стан до оброблення тощо);

- алгоритм вибору та методики розрахунку критерію руйнування;
- модель текучості матеріалу;
- метод ітераційного обчислення (Ньютона-Рафсена чи прямий ітераційний метод) та відповідний вирішувач (Skyline чи метод розріджених матриць) задач, сформованих за допомогою методу скінчених елементів;
- метод розрахунку похибки збіжності результатів;
- метод вибору генерування лагранжевої або ейлерової сітки для МСЕ аналізу;
- моделі наростоутворення та зношування інструменту.

Вхідними даними для розрахунку є: альтернативні варіанти структури та параметрів технологічних переходів; матеріал оброблюваної деталі, її геометричні характеристики; термодинамічний та структурно-фазовий стан поверхонь до оброблення; геометричні характеристики різального інструменту; матеріал різальної частини інструменту, його покриття; модель зношування різального леза. Крім того, для отримання якісних та адекватних результатів досліджень необхідно попередньо декларувати тип задачі: картини напружено-деформованого стану поверхонь в процесі формоутворення або моделювання залишкових напружень та деформацій.

В кожній із зазначених задач специфічно вибирається тип сітки та її градієнтність, ця сітка прив'язується до інструменту чи до заготовки. В результаті 2D або 3D моделювання реологічних процесів формоутворення виробу, спочатку отримуються динамічні картини розподілу напружень, деформацій, термодинамічна картина процесу різання, динаміка зміни кута зсуву, змодельовані силові показники та побудована реологічна картина структурно-фазових перетворень. Все це дасть змогу на основі алгоритмів та системних підпрограм встановити геометрико-кінематичну, вібраційно-динамічну та деформаційну складову мікротопології поверхні; залишкові напруження I-го та II-го роду та залишкові деформації обробленої поверхні. Структурно-параметрична оптимізація функціонально-орієнтованого технологічного процесу базується на основі розрахунку узагальненого кваліметричного параметру, що системно відображає експлуатаційні параметри поверхні (зносостійкість, втомна міцність, мастилоутримуючі властивості тощо) з врахуванням змодельованих в САF-системі показників мікротопології поверхні та залишкових напружень та деформацій.

Таким чином, базова методологія побудови функціонально-орієнтованого технологічного процесу передбачає вирішення ряду проблем, пов'язаних з адекватним імітаційним моделюванням напружено-деформованого стану деталей в процесі їх формоутворення: а) формалізацією процесів кінетики дислокацій методом скінчених елементів та визначення векторної характеристики руху дислокацій; б) використання в САF-системі формалізованого опису кривих зміцнення та розм'якшення оброблюваного матеріалу, що визначають вплив напружень, швидкості деформації та температури на опір деформації в просторі та часі; в) методику вибору типу та градієнтності рухомої сітки а також забезпечення умов її невироджуваності; г) вибір моделі текучості матеріалу та критерію його руйнування в процесі формоутворення.

В подальшому відповідно до узагальненого алгоритму функціонування САF-системи результати напруженодеформованого стану поверхонь в процесі їх формоутворення дозволять здійснити моделювання мікротопології поверхонь, залишкових напружень та деформацій, а відтак – формалізувати прогностичні зв'язки між структурою та параметрами технологічного процесу оброблення деталей та домінуючими експлуатаційними властивостями деталей (забезпечення зносостійкості, втомної міцності, корозійної стійкості, триботехнічної якості рухомих спряжень тощо).