

Н.В. Гончар, к.т.н., доц.
М.В. Кучугуров, магістр
Д.М. Степанов, аспір.

Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИКА МОДЕЛЮВАННЯ СПІЛЬНОЇ РОБОТИ ПРУЖНИХ ПОЛІМЕРНО-АБРАЗИВНИХ ВОЛОКОН ПРИ КОНТАКТІ З ПОВЕРХНЕЮ ЗРАЗКА

Розглянуто можливість застосування та запропоновано методику комп'ютерного моделювання для оцінки взаємодії пружних волокон полімерно-абразивного інструменту та плоского зразка при варіюванні режимів обробки і параметрів інструменту.

Вступ. На сьогоднішній день в умовах швидкого розвитку інформаційних технологій та можливостей обчислювальної техніки, одним з найбільш актуальних методів наукового дослідження став процес моделювання.

Метою даної роботи було дослідити поведінку пружних волокон специфічного полімерно-абразивного інструменту в процесі обробки плоских зразків, а також оцінка їх напружено-деформованого стану в момент удару, подальшого контакту і безпосередньо після нього за допомогою моделювання. В даному випадку моделювання являє собою створення комп'ютерної (віртуальної) моделі досліджуваного об'єкта або процесу з аналогічними властивостями, параметрами і характеристиками реальних прототипів.

Постановка завдання. Основні цілі, що досягаються моделюванням:

- наукове дослідження об'єктів і процесів, що протікають за певних заданих умов, або піддаються певному зовнішньому впливу. При цьому дослідження проходить без фізичного створення об'єктів або процесів (віртуально) з урахуванням всіх законів фізики, механіки тощо, що визначають їхню поведінку або реакцію;

- вивчення процесів, які неможливо дослідити фізично в умовах обмеженості дослідницьких ресурсів (немає наявності необхідних вимірювальних інструментів та обладнання) або їх специфікою, коли сучасна наука не володіє достатніми знаннями, методами чи технологіями, що дозволяють проводити даний вид досліджень (наприклад, вимір напруженого стану в будь-якій точці досліджуваного тіла без його руйнування);

- суттєве скорочення витрат на дослідження складних конструкцій або механізмів, що складаються з великого числа деталей і компонентів.

Викладення основного матеріалу. Слід зазначити, що моделювання процесу обробки є складною обчислювальною задачею, тому що в даному розрахунку враховується безліч вхідних параметрів (геометрія об'єктів, їх розташування, прикладені навантаження) і законів, за якими здійснюються зміни в об'єкті дослідження. Завдання стає значно складніше, якщо виконується моделювання динамічного процесу. Збільшуються витрати часу розрахунку великої кількості ітерацій, що вимагає високих комп'ютерних ресурсів. При вивченні даного процесу визначальними є дві характеристики: загальна тривалість часу досліджуваного процесу t ; крок моделювання Δt – часовий інтервал, через який відбувається перерахунок стану елементів досліджуваного процесу, який визначає кількість ітерацій.

Ще одним фактором, що істотно збільшує витрати часу на розрахунки є рішення контактної задачі. При моделюванні процесів, в яких відбувається контакт між двома і більше тілами, враховується їх взаємодія, результат якої залежить від геометрії тіл, їх взаємного розташування, фізичних властивостей матеріалів, швидкостей та інших умов, в яких відбувається контакт.

При використанні полімерно-абразивного інструменту (ПАІ) контакт відбувається як між волокном інструменту й зразком, так і між сусідніми волокнами. З урахуванням всього зазначеного вище застосовується така методика моделювання процесу обробки ПАІ плоских зразків.

Спочатку виконують вибір методу моделювання. Одним з найбільш поширених є метод кінцевих елементів, при якому замкнуті об'єми діляться на кінцеве число елементів, кожен з яких має властивості матеріалу досліджуваного тіла. Далі вибирається програма, що дозволяє провести моделювання даним методом. У даному випадку для виконання кінцево-елементного аналізу був обраний програмний пакет ANSYS, що включає в себе розрахунковий динамічний модуль LS-DYNA.

Наступним кроком є створення тривимірних моделей ПАІ і оброблюваного зразка за допомогою будь-якого програмного забезпечення, що дозволяє працювати з твердотільною моделлю. ПАІ має досить складну конструкцію, тому використовували програмний пакет Delcam PowerShape. Модель ПАІ являє собою маточину-диск, до якої приєднані волокна (рис. 1). У робочій кромці волокна розміщується модель абразивного зерна. Форма зерна, а також параметри інструмента визначаються поставленими завданнями. Волокна в маточині можуть розташовуватися в ряд або у вигляді сот (рис. 2). Модель оброблюваного плоского зразка виконується у вигляді прямокутного паралелепіпеда відповідних розмірів.

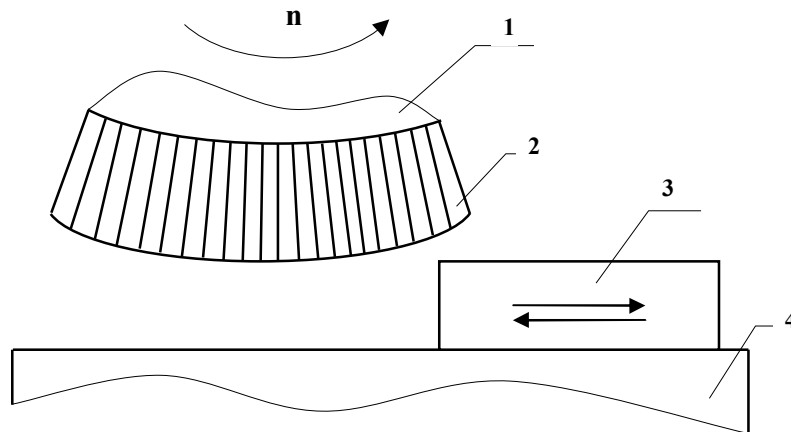


Рис. 1. Кінематичні характеристики обробки ПАІ плоского зразка:

1 – маточина інструменту; 2 – полімерно-абразивні волокна;
3 – оброблюваний зразок; 4 – магнітний стіл верстата

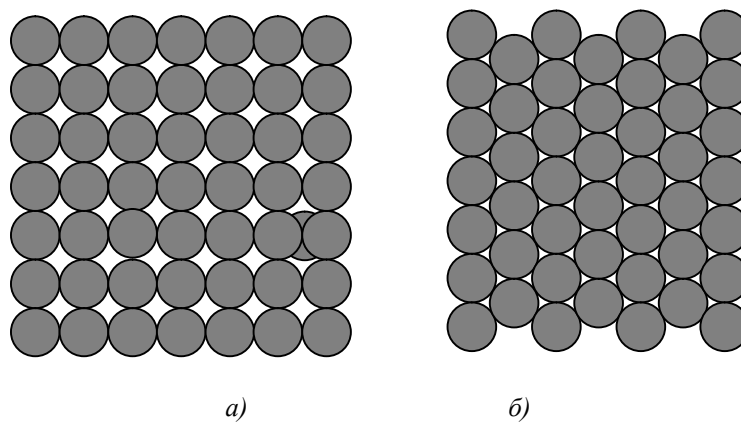


Рис. 2. Схема закріплення волокон в маточині ПАІ:

а – розташування волокон в ряд;
б – розташування волокон у вигляді сот

Після імпорту створеної моделі в ANSYS, вказуються початкові параметри, що описують динаміку процесу, а також властивості матеріалів кожного твердого тіла.

Наступний крок – розбиття конструкції на кінцеві елементи певного типу. Це – один з етапів, які визначають швидкість проведення розрахунків. По-перше, в динамічному модулі LS-DYNA від розмірів кінцевих елементів обернено пропорційно залежить кількість кроків (ітерацій); по-друге, від сумарної кількості елементів у моделі прямо пропорційно залежить час розрахунку кожної ітерації. Тому при розбитті слід задавати максимально можливий розмір елементів, при якому не втрачається точність модельованого процесу.

Слід зазначити, що однією з причин появи кінцевих елементів малих розмірів складність геометрії конструкції, особливо, якщо вона має дрібні елементи (всілякі виступи, дрібні пази тощо). Іншою причиною може бути виконання булевих операцій з геометрією складної форми. Тому при створенні

тривимірних моделей слід звернути увагу на їх топологію і роботу зі складними конструктивними елементами малих розмірів.

Одним із методів зменшення часу розрахунку є спрощення моделі. В даному випадку доцільно використовувати модель інструменту з обмеженою кількістю волокон (сектор дискового ПАІ).

Також є більш раціональним виконання форми волокон у вигляді восьмигранної призми. На відміну від волокон циліндричної форми, волокна у вигляді призми рівномірно розбиваються на однакові кінцеві елементи меншої кількості.

Наступний крок – завдання контакту і коефіцієнта тертя для контактуючих поверхонь.

Закріплення елементів моделі та завдання навантажень необхідно проводити із забезпеченням більш повної відповідності реальним умовам процесу обробки. У даному випадку модель ПАІ закріплюється за центральні (осьові) вузли, обмежуючи їх переміщення по всіх напрямках; модель зразка закріплюється за нижню площину, обмежуючи його переміщення у вертикальному напрямку. Задається також обертання ПАІ з необхідною кутовою швидкістю та переміщення моделі заготовки з заданою поздовжньою подачею. При використанні повної моделі ПАІ, в якій волокна розташовані по всій периферії маточини, слід забезпечити попереднє підведення інструмента або заготовки.

У параметрах задачі необхідно задати час обробки, а також часовий інтервал, через який здійснюється запис результату (кількість кроків результату). При великому значенні числа кроків значно збільшується файл з результатом розрахунків, а надто мале його значення призводить до втрати точності результату розрахунків.

Фінальним етапом процесу моделювання є розрахунок підготовленої задачі та обробка отриманих результатів.

Висновок. Таким чином, було оцінено взаємодію та контакт пари «волокно–зразок», поведінку волокон при вході в робочу зону обробки в зв'язку з тим, що обробка дисковими ПАІ належить до полірувальних операцій, а дослідження властивостей поверхневого шару показало, що після обробки ПАІ при різних режимах у зразках наводяться стискаючі залишкові напруження – 50–150 МПа на глибині 50 мкм та ступінь поверхневого наклепу сягає 8–18 %. За допомогою моделювання було встановлено, що полімерно-абразивне волокно в початкову мить контакту зі зразком здійснює кілька пружних ударів та відскоків і в цей період проходить ефективна обробка та формування властивостей поверхні. Далі волокно практично проковзує та виходить із зони контакту.

Також аналізували місця розташування небезпечного перерізу волокон у різні моменти контакту при варіюванні режимів обробки та параметрів ПАІ. Найбільший вплив здійснює натяг та виліт волокон.

За допомогою моделювання оцінювали напружено-деформований стан зразка та волокна з абразивним зерном у характерних перерізах у різні моменти часу.

Таким чином комп'ютерне моделювання дає можливість отримати відповіді на питання щодо поведінки пружних полімерно-абразивних волокон та зразка під час обробки, впливу режимів різання і параметрів інструмента, зміни напружено-деформованого стану окремих елементів системи і не потребує великих затрат матеріальних ресурсів та часу.

ГОНЧАР Наталія Вікторівна – кандидат технічних наук, доцент Запорізького національного технічного університету.

Наукові інтереси:

- комп'ютерне моделювання;
- полімерно-абразивний інструмент.

КУЧУГУРОВ Марк Валерійович – магістр Запорізького національного технічного університету.

Наукові інтереси:

- комп'ютерне моделювання;
- режими обробки.

СТЕПАНОВ Дмитро Миколайович – аспірант Запорізького національного технічного університету.

Наукові інтереси:

- полімерно-абразивні волокна;
- комп'ютерне моделювання.

Подано 30.09.2011