

УДК 621.91.01:004.94

Л.П. Давидюк, студент гр. ПБ-81мп, к.т.н., доц. Вислоух С.П.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРУЖНО - ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ДЕТАЛІ

Анотація. В статті розглядаються питання визначення пружно - деформованого стану деталі в процесі та після її механічного оброблення. Наведено переваги використання методу скінченних елементів як чисельного методу вирішення практичних завдань при 3D моделюванні, а також методику застосування системи FEMAP для комп'ютерного моделювання поверхневого стану деталі.

Ключові слова: метод скінченних елементів, режими різання, пружно - деформований стан, залишкові напруження, система FEMAP.

ВСТУП

При проектуванні операцій механічної обробки одним із ключових завдань є призначення раціональних режимів різання. Від режимів різання багато в чому залежить якість оброблюваної поверхні, продуктивність і точність обробки, а також пружно - деформований стан деталі в процесі та після її оброблення.

Незважаючи на велику кількість робіт в області дослідження якості поверхневого шару і аналізу пружно - деформованого стану, як і раніше недостатньо вивчена задача перерозподілу залишкових напружень в поверхневому шарі деталей складної просторової форми, що призводить до їх викривлення і порушення геометричної точності. Крім того, багато які з існуючих в даний час методів розрахунку залишкових напружень і деформацій складні для ефективного використання в виробничих умовах або мають ряд суттєвих обмежень.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

В даний час в теорії та практиці технології приладобудування широко використовуються різні методики для визначення режимів різання, які умовно можна розбити на кілька груп – теоретичні, теоретико-експериментальні та експериментальні. При цьому розрахункові методики складні і громіздкі для обчислень. Вони знайшли обмежене застосування в практиці виробництва. Методики, що засновані на експериментальних даних, досить прості і дають прийнятний результат, проте їх головним недоліком є те, що в них використовуються коефіцієнти та інші дані, які отримані експериментальним шляхом в конкретних умовах. Ці дані буває важко перенести на умови, що відрізняються від вихідних. Багато деталей складної геометричної форми, виготовляють з важкооброблюваних матеріалів, тому сили і моменти різання при їх обробці можуть бути досить великими, що нерідко викликає вібрації інструменту і незадовільну якість обробленої поверхні. Крім того, при неправильному призначенні режимів різання, надмірні напруги, викликані силами різання, можуть привести до деформації і навіть до поломки різального інструменту [1]. Тому поставлена задача розроблення методики комп'ютерного аналізу стану поверхневого шару деталі після її механічного оброблення.

РОЗВ'ЯЗАННЯ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ

Рішенням даної задачі є розробка нових розрахункових методів, заснованих на використанні сучасних систем комп'ютерного моделювання і чисельного аналізу, з відповідним науковим узагальненням відомих теоретичних і практичних розробок в даній області.

Аналіз наукової літератури дозволив встановити, що є доцільно управляти величиною залишкових деформацій і напружень за допомогою режимів різання, тобто за допомогою зміни швидкості різання, подачі і глибини різання. Основною перевагою використання цих параметрів, крім того, що вони мають найбільший вплив на формування напружено-деформованого стану деталі, є простота їх зміни технологом, що дозволяє використовувати вже існуючий технологічний процес, внісши в нього мінімальні коригування.

Аналіз літературних джерел також показує, що найбільш перспективним методом є метод скінченних елементів, застосування якого дозволяє з мінімальними витратами часу домагатися потрібних результатів. З його допомогою можна моделювати процес різання, здійснювати розрахунок напружень, що виникають в деталях, виконувати їх попередню оцінку, прогнозувати можливі деформації, аналізувати геометричну точність деталей і їх придатність для складання і експлуатації, розробляти рекомендації по призначенню технологічних умов обробки. При взаємодії заготовки та інструменту можуть бути змодельовані різні контактні умови. В результаті розрахунку можуть бути отримані не тільки сили різання, але і вся картина напружено деформованого стану, як заготовки, так і інструменту (напруги, деформації, інтенсивності напружень і деформацій, контактні навантаження і т. д.). Причому все це можна виконати ще на етапі технологічної підготовки виробництва до того, як деталі будуть виготовлені [2].

Метод скінченних елементів широко використовують для вирішення практичних завдань механіки деформованого твердого тіла, зокрема для виконання розрахунків на міцність на етапі 3D-проектування конструкцій. Ідея методу полягає в тому, що будь-яку безперервну величину можна апроксимувати кусочно-безперервною функцією, яка будується на значеннях досліджуваної величини в кінцевому числі точок розглянутих елементів.

Метод скінченних елементів - це варіаційний метод. Функціонал енергії для всієї розглянутої області тут представляється у вигляді суми функціоналів окремих її частин - скінченних елементів. По області кожного елемента, незалежно від інших, задається свій закон розподілу шуканих функцій. Така кусочно-безперервна апроксимація виконується за допомогою спеціально підібраних апроксимуючих функцій, які називаються також координатними або інтерполуючими.

З їх допомогою шукані безперервні величини (переміщення, напруги і т.д.) в межах кожного кінцевого елемента виражаються через значення цих величин в вузлових точках, а довільне задане навантаження замінюється системою еквівалентних вузлових сил.

При такій кусочно-безперервній апроксимації забезпечується умова спільності лише в вузлах, а в інших точках на межі кінцевого елемента ця умова задовольняється в загальному випадку наближено (в зв'язку з цим розрізняють кінцеві елементи різного ступеня спільності). Метод скінченних елементів застосовується для різних завдань механіки деформованого твердого тіла, гідро- і газодинаміки, електромагнетизму і т. д. Однією з основних завдань у цій галузі є завдання визначення напружено-деформованого стану (НДС) конструкцій, деталі після її обробки чи в процесі експлуатації (або більш строго - твердого тіла) при заданих умовах термомеханічного навантаження [3].

Остаточним завданням визначення НДС механічної конструкції є відшукування в кожній точці конструкції напружень, деформацій і переміщень, що виникають в ній в результаті впливів на конструкцію механічних, газо- і гідродинамічних, теплових і інших навантажень в процесі її реальної роботи.

Програмні комплекси FEMAP і MSC / NASTRAN for Windows - це системи, засновані на методі кінцевих елементів і призначені для розрахунку статичних напруг і деформацій, стійкості, визначення власних частот і форм коливань, аналізу теплових сталей і перехідних процесів, а також завдань статички і динаміки в нелінійній постановці для широкого класу машинобудівних і інших конструкцій. Програми поєднують в собі потужні аналітичні можливості процесора і легкість роботи з графічним призначенням для користувача інтерфейсом.

Найбільш загальна блок-схема алгоритму розв'язання задачі із застосуванням комп'ютерних технологій інженерного аналізу на основі методу скінченних елементів умовно представлена трьома великими блоками: пре-процесорний, аналітичний і пост-процесорний. Пре-процесорний блок включає в себе підготовку вихідних даних, тобто генерацію повної скінчено елементної моделі об'єкта проектування в пам'яті комп'ютера. Сюди, наприклад, входять: формування геометричній моделі (вигляду об'єкта); завдання властивостей використовуваних матеріалів; опис властивостей скінченних елементів; генерація звичайно-елементної сітки; завдання варіантів граничних умов, тобто опорних частин моделі; завдання варіантів зовнішнього впливу різної природи [4].

Аналітичний, або процесорний, блок – це безпосереднє рішення глобальної системи алгебраїчних рівнянь, отриманої після реалізації варіаційного підходу методу скінченних елементів для вирішення диференціального рівняння розглянутого фізичного процесу. Результатом цього рішення є визначення поля невідомої величини в вузлових точках скінчено-елементної моделі об'єкта. Щодо цієї величини визначаються інші – залежні величини. Наприклад, при вирішенні задач міцності, з реалізацією варіаційно - енергетичного підходу методу переміщень теорії пружності, в якості базового невідомого використовується вектор переміщення, на основі якого в подальшому визначаються вектора деформацій, напружень та ін.

Результати роботи у середовищі Femap зображені на рис.1. Справа від 3D моделі деталі знаходиться кольорова шкала, за якою можна визначити фактичні значення розв'язку задачі. В результаті розрахунку отримані епюри

деформованої моделі в якій колірний діапазон залежить від рівня напружень в даному місці деталі. Робота пост-процесорного блоку спрямована, в основному, на візуалізацію результатів розрахунку (рис. 1).

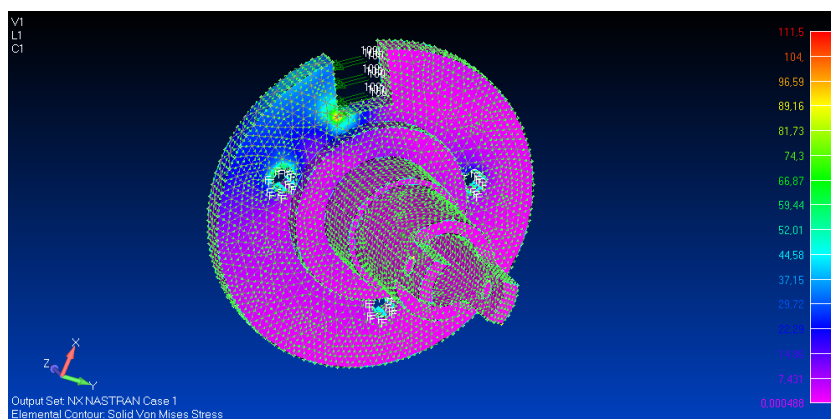


Рис.1. Діаграма напружень деталі.

В результаті формуються розрахункові залежності для знаходження допустимих величин сил і моментів різання, а також необхідні залежності для визначення або коригування режимів різання для конкретних технологічних умов обробки деталей. Таким чином, застосовуючи запропоновану методику і сучасні системи кінцево - елементного аналізу можна значно спростити завдання технолога при проектуванні операцій обробки різанням.

ВИСНОВКИ

Застосування методів комп'ютерного аналізу дозволяє знизити витрати на матеріальні та трудові ресурси, тому що реальний експеримент замінюється віртуальним, скоротити тривалість технологічної підготовки виробництва, підвищити якість прийнятих технологічних рішень, а, отже, і якість виробів, що випускаються, спростити і прискорити процес складання виробів і їх стабільність при експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Болотеин А.Н. Анализ напряжённно-деформированного состояния деталей после механической обработки средствами компьютерного моделирования [Текст] / *Вестник РГТУ имени П. А. Соловьёва. – Рыбинск: РГТУ, 2014. – №1(28). – С. 54 – 61.*
- [2] Шинкаренко Г.А. Проекційно-сіткові методи розв'язування початково-крайових задач. – Київ: УМК ВО, 2011. – 88 с.
- [3] Секулович М. Метод конечных элементов / *Пер. с серб. Ю.Н. Зуева; Под ред. В.Ш. Барбакадзе. – М.: Стройиздат, 2008. – 664 с.*
- [4] Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике/ *Перевод с английского. Под редакцией Победри Б.Е. – М.: МИР, 1975. – 542 с.*

Наук. керівник – к.т.н., доцент Вислоух С.П.