

УДК 621.914

Л.П. Давидюк, магістрант, к.т.н., доц. Вислоух С.П.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

МОДЕЛЮВАННЯ ПРУЖНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ДЕТАЛІ ПРИ ЇЇ ОБРОБЛЕННІ

Анотація. Розглянуто питання формування пружно-деформованого стану деталі в процесі її механічної обробки і керування ним на основі режимів різання. Пропонується використовувати методи математичного моделювання та комп'ютерного моделювання на основі кінцево-елементного аналізу системи FEMAP.

Ключові слова: пружно-деформований стан, напруги, режими різання, метод кінцевих елементів, система FEMAP.

ВСТУП

Відомо, що основним способом формоутворення при механічній обробці є процес знімання шару матеріалу заготовки різанням, а цей процес неможливий без докладання значних сил з боку різального інструменту та появи температурних полів, які призводять до виникнення напружень і деформацій в поверхневому шарі деталі. Тому очевидно, що технологічні процеси виготовлення деталей, особливо при обробці різанням, безпосередньо впливають на формування їх пружно-деформованого стану. У свою чергу нерівномірність розподілу залишкових напруг є однією з головних причин деформації високоточних деталей в процесі їх експлуатації. Від того, які будуть напруги при її обробці, залежить поведінка деталі при експлуатації. Тому до процесу механічної обробки пред'являються високі вимоги, для забезпечення яких необхідне вирішення широкого кола практичних завдань [1].

До першої групи таких вимог відносять вдосконалення технологічних процесів з метою підвищення якості деталей, головним чином, шляхом формування необхідних параметрів поверхневого шару і оптимального рівня залишкових напруг, що істотно впливають на довговічність, витривалість та інші характеристики надійності.

Друга група вимог включає підвищення точності і стабільності на всіх етапах виробництва, які можуть бути вирішені застосуванням ефективних методів керування стабільністю технологічних процесів і контролем якості виробів.

МЕТА РОБОТИ

Найбільшу складність має вирішення вимог першої групи, тому що на формування структури поверхневого шару впливає явище технологічної спадковості. Таким чином, формування властивостей поверхневого шару залежить в тій або іншій мірі від операцій лезвійної обробки технологічного процесу, їх режимів, різального інструменту, характеру взаємодії різального інструменту і заготовки тощо. Двома основними факторами, що впливають на утворення залишкових напружень при лезвійній обробці, є величина сил різання і температурні поля в зоні обробки [1].

Тому поставлена задача вибору набору параметрів, що впливають на величину сил різання, виявити ті з них, якими є найбільш доцільно керувати для досягнення необхідних параметрів поверхневого шару деталі, визначення

математичних залежностей, що пов'язують ці параметри з режимами різання, та контролю цих параметрів шляхом комп'ютерного моделювання.

Таким чином, пропонується поєднати методики математичного та комп'ютерного моделювання для вирішення задачі забезпечення необхідних параметрів поверхневого шару деталі при її обробленні шляхом керування процесом різання.

МАТЕРІАЛИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Аналіз наукової літератури показав, що для керування величиною залишкових деформацій необхідно добре знати характер взаємозв'язку технологічно забезпечуваних і контрольованих параметрів поверхні деталі з умовами її обробки.

Встановлено, що найбільш істотними факторами, які впливають на величину залишкових напруг, є режими різання, наявність і вид мастильно-охолоджувальної рідини, а також деякі елементи геометрії різальної частини інструменту – передній кут γ , радіус при вершині r і радіус заокруглення різальної крайки ρ .

В роботі пропонується керувати 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 пружно-деформованого стану деталі, є простими для їх зміни технологом, що дозволяє використовувати вже існуючий технологічний процес шляхом його мінімального коригування.

При деяких умовах істотними можуть бути і інші фактори: фізико-механічні і теплофізичні властивості заготовки, умови тепловіддачі (при обробці тонкостінних деталей) тощо [2].

На сьогодні в теорії та практиці технології приладобудування широко використовуються різні методики для визначення раціональних режимів різання, які умовно можна розбити на кілька груп: теоретичні, що характеризуються використанням складних розрахункових співвідношень; теоретико- експериментальні, що які передбачають використання емпіричних формул і довідкових коефіцієнтів; експериментальні, що засновані на результатах експериментальних досліджень. 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 і інші дані, які отримано експериментальним шляхом в конкретних умовах, і вони 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, що викликані силами різання, можуть привести до деформації і навіть до поломки різального інструменту [2].

Таким чином, з урахуванням усього викладеного, запропонована методика визначення залишкових напруг, яка має відповідати наступним вимогам: враховувати особливості геометрії деталі і різального інструменту; враховувати температуру і її вплив на фізико-механічні властивості матеріалу деталі; використовувати адекватну модель пластичності матеріалу; мати можливість визначати всі необхідні технологічні умови обробки; мати можливість отримувати поле розподілу температури в зоні різання і аналізувати пружно-деформований стан заготовки; мати можливість прогнозувати деформації; бути точною; забезпечувати швидкість і зручність розрахунків.

Вказані розрахунки виконуються шляхом математичного моделювання, де за вихідними даними про оброблювальний та інструментальний матеріал визначаються раціональні режими різання, що забезпечують необхідні значення параметрів якості поверхневого шару деталі [3].

Перевірку отриманих на етапі математичного моделювання режимів різання, пропонується здійснювати засобами комп'ютерного моделювання шляхом використання CAE-системи інженерного аналізу FEMAP, що базується на методі кінцевих елементів [4]. Засобами цієї системи визначаються параметри пружного поверхневого шару деталі під дією силових та температурних деформацій. Перевагою комп'ютерного моделювання стану деталі є те що воно враховує геометричну форму деталі.

В результаті такого моделювання можна отримати картину пружно-деформованого стану як заготовки, так і інструменту (напруги, деформації, інтенсивності напружень і деформацій, контактні навантаження тощо). Причому все це можна виконати ще на етапі технологічної підготовки виробництва до того, як деталі будуть виготовлені [5, 6].

Отримані результати комп'ютерного моделювання порівнюються з відповідними їх значеннями, що задані конструктором з врахуванням особливостей експлуатації деталі. Якщо вказані параметри не задовольняють вказаним вимогам, то здійснюється коригування режимів різання для конкретних технологічних умов оброблення деталі. Після чого виконуються розрахунки вихідних параметрів поверхневого шару деталі з новими режимами різання та подальше комп'ютерне моделювання засобами системи FEMAP.

ВИСНОВКИ

Практична апробація запропонованої методики забезпечення необхідних параметрів якості поверхневого шару деталі шляхом корегування режимів різання показала її ефективність та доцільність її використання на стадії технологічної підготовки виробництва.

Для визначення раціональних режимів оброблення деталей, що забезпечують необхідні параметри якості деталі, необхідно на стадії математичного моделювання виконати відповідні оптимізаційні розрахунки.

Перевірку результатів математичного моделювання необхідно виконувати шляхом комп'ютерного моделювання сучасними методами кінцево-елементного аналізу з використанням САЕ –систем.

Система FEMAP, дозволяє проводити аналіз поля розподілу залишкових напруг і прогнозувати величину залишкової деформації деталей з різною геометрією, що виготовлені з різних матеріалів, з урахуванням призначених технологічних умов їх оброблення та керувати нами за рахунок зміни режимів різання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Давидюк Л.П. Формування пружного стану деталей в процесі їх механічної обробки і керування ним режимами різання. / Л.П. Давидюк, С.П. Вислоух. // Збірник наукових праць X Всеукраїнської науково-практичної інформації з міжнародною участю «Процеси механічної обробки, верстати та інструмент». – Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2019. – С. 96-99.
- [2] Безъязычный, В. Ф. Метод подобия в технологии машиностроения [Текст] / В. Ф. Безъязычный. – М.: Машиностроение, 2012. – 320 с.
- [3] Волошко О.В. Технологічне забезпечення параметрів якості поверхневого шару деталі. / О.В. Волошко, Л.П. Давидюк, С.П. Вислоух. // Збірник праць VIII Міжнародної науково-технічної конференції «Датчики, прилади і системи – 2019», присвяченої пам'яті професора Шарапова В.М., Черкаси – Херсон – Лазурне, вересень 2019. – С. 6–8.
- [4] Болотеин А.Н. Анализ напряжённо-деформированного состояния деталей после механической обработки средствами компьютерного моделирования [Текст] / А.Н. Болотеин. // Вестник РГАТУ имени П. А. Соловьёва. – Рыбинск: РГАТУ, 2014. –№1(28). – С. 54 – 61.
- [5] Voloshko O.V. Researching of detla's construction with method final elemental analysis. / O.V. Voloshko, S.P. Vysloukh. // Збірник наукових праць «Перспективні технології та прилади», м. Луцьк червень 2019 р. – Луцьк: Луцький НТУ, 2019, випуск 14 – Луцьк:, Луцький НТУ, 2019. – С. 46-51.
- [6] Давидюк Л.П. Комп'ютерне моделювання параметрів пружно-деформованого стану деталі. / Л.П. Давидюк, С.П Вислоух // Збірник праць XII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених» ПОГЛЯД У МАЙБУТНЄ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ», 15-16 травня 2019 р. – К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. Центр учбової літератури. – 2019. – С. 141-144.

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