



МОДЕЛЮВАННЯ ТОЧНОСТІ ОБРОБКИ СКЛАДНО-ПРОФІЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ CAD/CAE СИСТЕМ

Лещенко О.І., к.т.н., доцент

Приазовський державний технічний університет

При створенні сучасних виробів широко використовуються деталі, які мають складні поверхні подвійної кривизни. Можливості сучасних CAD систем фактично не залишають проблем при проектуванні деталей, що мають дані поверхні. Разом з тим, незважаючи на появу високоточних методів лиття і штампування, порошкової металургії і адитивних технологій для отримання поверхонь даного типу, лезова обробка все ще залишається найбільш поширеною на підприємствах України.

Сучасним напрямком в технології машинобудування є фрезерування складно-профільних поверхонь кінцевими радіусними (сферичними) фрезами на багатоопераційних верстатах, що мають від 3 до 5 одночасно керованих координат. Така технологія дозволяє генерувати поверхні складного профілю, що відповідають заданій шорсткості, нормам точності геометричної форми і розмірів. Виникаючі похибки обробки представляють відхилення вказаних параметрів поверхонь деталі, від їх нормованих значень заданих на кресленні. Такі відхилення є наслідком впливів, що порушують процес різання таких як, зазори в кінематичних ланцюгах верстата, неточності статичної настройки ріжучого інструменту або його знос, температурні поля або округлення в розрахунках. Однак домінуючим фактором в цьому випадку, безумовно, є пружні деформації технологічної системи верстата, внаслідок виникання сил різання в процесі формоутворення поверхонь деталі.

Сила різання зростає зі збільшенням площі зрізу. Якщо площа зрізу зростає за рахунок збільшення глибини різання, то пропорційно їй зростає найбільша складова сили різання P_z . Зі збільшенням подачі площа зрізу і відповідна їй сила P_z також зростає, але з меншим коефіцієнтом пропорційності.

Сила різання виходить різною при однакових площах зрізу, але різних їх формах. Встановлено, що товщина зрізу і його ширина не в однаковій мірі впливають на силу різання – вона в меншій мірі залежить від збільшення товщини зрізу і в більшій мірі його ширини.

У аналітичний вираз для площі поперечного перерізу зрізу входить центральний кут, відповідний дузі контакту з заготівлею окружності радіусної частини фрези, вимірюваний в площині, перпендикулярній до осі фрези. Цей кут, пропорційний ширині зрізу буде постійний тільки при симетричному фрезеруванні, що в більшості випадків не підтримується при обробці поверхонь складного профілю зі змінною гаусовою (або повною) кривизною.

Крім цього при фрезеруванні виникає сила тертя задньої поверхні зуба фрези і обробленої поверхні, котра впливає на її шорсткість і стійкість фрези.



Вище перераховані фактори переконливо доводять, що при обробці складно-профільних поверхонь правильний вибір не тільки режимів різання, але і траєкторії формоутворення тісно пов'язаний з аналізом перетину зрізу.

Такий аналіз важко сформулювати рівняннями і виконати аналітично, а відтворити геометричні параметри зрізу на ділянках траєкторії переміщення інструменту зі змінною кривизною, шляхом абстрактного мислення не під силу навіть досвідченому фахівцеві.

В роботі пропонується для дослідження перетину зрізу застосувати засоби сучасної 3D графіки [1], яка дозволяють створювати («таврувати») відбитки форм одного об'єкта на іншому, за умови контакту (або перетину) цих об'єктів. В результаті «таврування» на 3D гранях утворюються додаткові області, до характеристик яких (площі, граничної кривої) і їх редагування (видавити, надати товщину) можна отримати доступ методами класів об'єктно-орієнтованого програмування.

Моделюючи програмними засобами 3D графіки (рис. 1) «обробку» заготовки радіусу R_d твердотільною радіусною R_f фрезою по траєкторії формоутворення F , можна отримати з урахуванням повороту фрези на кут ψ елементи зрізу змінної товщини f ($R_f - R_d$). Шляхом «таврування», виділити площадки контакту по передній S_γ і задній S_α поверхнях зубів інструменту з матеріалом деталі. З огляду на то, що найбільш істотно, в порівнянні з іншими елементами технологічної системи деформується інструмент - кінцева фреза, з огляду на її найменшу жорсткості можна симулювати САЕ системою навантаження сил різання на площадки контакту фрези (рис. 2) і аналізувати її пружні деформації, з точки зору контролю допустимих відхилень оброблюваної поверхні.

В даний час знаходить широке застосування, запропонована рядом Європейських фірм методика розрахунку сил різання через питому силу, значення якої для різних умов і матеріалів наведено в довіднику GARANT [2] або отримано експериментально. Питомим тиском різання називається сила різання, яка припадає на одиницю площі перерізу зрізаного шару ($\text{кг}/\text{мм}^2$). Питомий тиск різання може змінюватися зі зміною факторів, що впливають на силу різання. Наприклад, зі збільшенням міцності оброблюваного матеріалу питомий тиск підвищується, а зі збільшенням площі поперечного перерізу зрізу зменшується.

Для розрахунку сили різання P з використанням значень питомих сил, що діють на передній P_γ і задній P_α поверхні незалежно один від одного, застосовуються «структурні формули» [3] з функціональною залежністю від наступних параметрів:

$$P(C_\gamma, S_\gamma, C_\alpha, \sum L^p) = P_\gamma(C_\gamma, S_\gamma) + P_\alpha(C_\alpha, \sum L^p),$$



де C_γ, C_α - питомі сили тиску на передню і задню поверхні відповідно;

S_γ - площа зрізу по передній поверхні в поточній точки траєкторії;

$\sum L^P$ - проекції сумарної довжини робочих частин різальних крайок на площину, перпендикулярну напрямку, в якому визначається величина сили.

Висновки. Методи фрезерування «рядками» минулого століття обмежувалися аналізом радіусом кривизни складно-профільних поверхонь в площині. Для забезпечення вимог точності сучасного машинобудування необхідний повний аналіз кривизни поверхні, що дає можливість вивчення збурюючих впливів від сил різання. Сьогодні для цих цілей можна вживати апарат 3D графіки CAD систем.

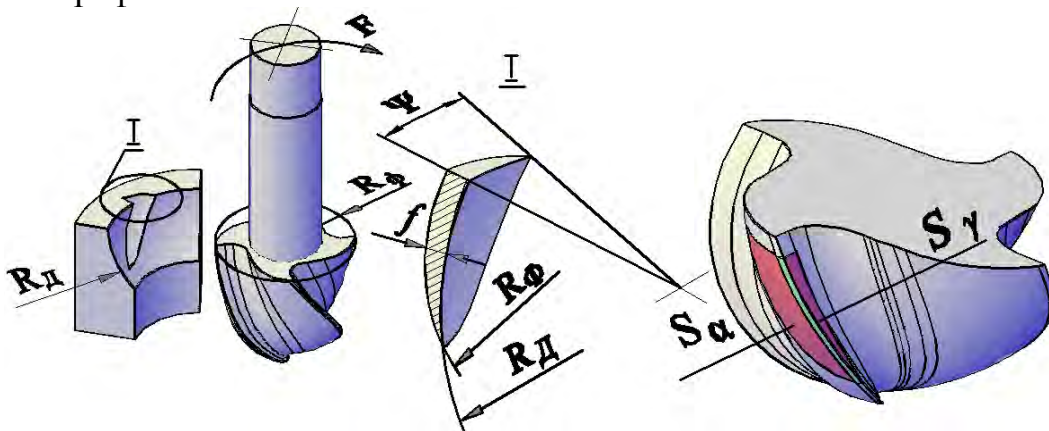


Рис.1. Формування перетину зрізу заготовки R_d товщиною f фрезою R_ϕ

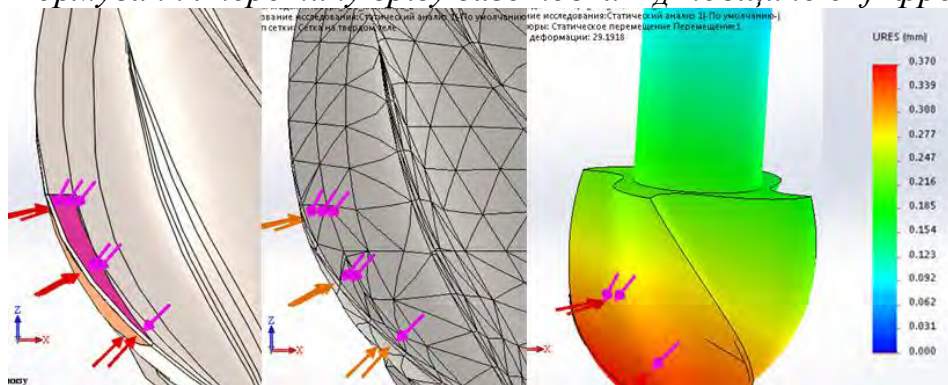


Рис.2. Дослідження пружних віджатий за допомогою Solidworks Simulation

Література:

1. Лещенко А. И. Расчетно-графическое 3D моделирование площадей среза и силовых зависимостей при обработке концевыми фрезами / Збірник наукових праць X Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю «Процеси механічної обробки, верстати та інструмент»: Державний університет «Житомирська політехніка», 2019. – С.137-139. - ISBN 978-966-683-529-4
2. GARANT. Machining Handbook [Справочник по обработке резанием]. Режим доступа: www.garant-tools.com (дата обращения 10.09.2019)
3. Внуков Ю. Н. Эволюция развития исследований сил при цилиндрическом фрезеровании от статических к динамическим условиям обработки (часть 1) / Ю. Н. Внуков, Дядя С. И., Козлова Е. Б. // Збірник наукових праць «Сучасні технології в машинобудуванні». – Вип. 11. – Харків: НТУ «ХПИ», 2016. – С. 253-258. – ISSN 2078-7499.