

УДК 621.78

Данильченко Л.М., канд. техн. наук; Лісовий В.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ПРОЦЕСІВ ФРЕЗЕРУВАННЯ

Danylchenko L.M., Assoc. Prof.; Lisovij V.

RESEARCH OF THE DYNAMICS OF MILLING PROCESSES

На сучасних підприємствах машинобудівної галузі деталі машин зі складним геометричним профілем переважно обробляються на верстатах з ЧПК, що дозволяє отримувати задані параметри якості формувальних поверхонь, такі як шорсткість, геометрична точність і хвилястість, які залежать від динаміки процесу фрезерування, вибраного оснащення, інструменту та режимів оброблення. В керуванні операціями фрезерування необхідно вирішувати наступні задачі:

- визначення координат, за яких приведені витрати на виготовлення деталі будуть мінімальними;
- вибір траєкторій руху виконавчих елементів, які враховують вплив формоутворюючих переміщень інструменту на динаміку процесу фрезерування;
- зменшення впливу кінематичних збуджень (від приводу верстату, коливальних зміщень, радіального биття, похибки встановлення та закріплення фрези).

Отже, управління якістю фрезерування характеризується взаємопов'язаними процесами і властивостями технічних підсистем, які взаємодіють при обробленні.

Для фрезерування деталей, в яких ширина оброблювальної поверхні перевищує діаметр фрези, запропоновано алгоритм вибору та настроювання контурного фрезерування, який складається з наступних стадій.

Перша стадія полягає у виборі ефективної стратегії оброблення, на рис. 1 представлено схему фрезерування тонкостінної заготовки з послідовними проходами для оброблення спочатку верхньої частини деталі, потім інших поверхонь - 1,2,3. При цьому, нижні поверхні зменшують жорсткість оброблювальної частини заготовки, на межах цих поверхонь завжди утворюються нерівності, які призводять до похибок форми. Інший, більш продуктивний метод, полягає в обробленні всієї поверхні, в такому випадку необхідно залишати припуск для додаткових чистових проходів.

Друга стадія полягає у виборі верстату і оснащення. Для фрезерування тонкостінних деталей рекомендовано вибирати верстат з п'ятикоординатним контурним керуванням, який дозволяє компенсувати похибки згинальних деформацій фрези та жорсткості заготовки вздовж її траєкторії руху по оброблювальній поверхні. Це забезпечує стаке відношення сили фрезерування до сумарно приведеної жорсткості в напрямку, нормальному до поверхні.

Третя стадія - це діагностування кінематичних параметрів верстату, оцінка амплітуди радіального биття шпинделя та керування швидкістю подачі руху стола. Для цього можна скористатися методиками, викладеними в літературі. Вони базуються на зчитуванні і обробленні даних від датчиків зворотного зв'язку щодо розміщення стола, якими оснащені верстати з ЧПК з контурним керуванням. Параметри кінематичних параметрів верстату можуть бути

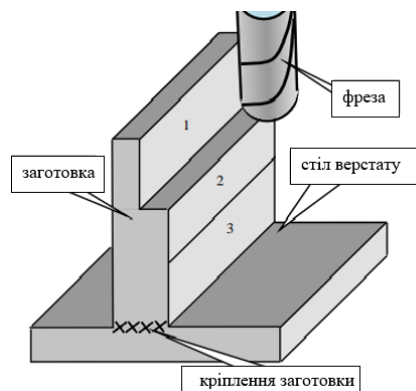


Рисунок 1. Схема фрезерування тонкостінної заготовки

представлені кореляційними функціями, що характеризують граничну точність фрезерування, які можна досягти на даному верстаті.

Четверта стадія полягає у виборі інструменту (фрези). Для контурного фрезерування необхідно враховувати такі рекомендації:

1. Крок між зубами фрези (кількість зубів) повинен забезпечувати неперервність оброблення без перекриття контакту, діаметр фрези слід вибирати з урахуванням необхідності забезпечення підвищеної жорсткості, з одного боку, та необхідності формування заданої поверхні на ділянках можливого викривлення, з іншого.

2. Необхідність забезпечення геометричної точності різальних лез фрези, для представленої схеми точність радіусу різальних лез повинна бути у 2-3 рази вищою від заданої точності поверхні. На відміну від точіння, при фрезеруванні оброблювальна поверхня формується геометрією кожного зуба за віссю обертання фрези.

3. Кут нахилу зубів фрези необхідно вибирати таким, щоб осьова сила фрезерування була направлена в бік столу, на якому кріпиться деталь (в нашому випадку вибрано фрезу з правим нахилом зубів).

4. При заточуванні зубів фрези слід обирати рекомендований передній кут різального клину (не менше 15°), при цьому під час переміщення інструменту орієнтація сили має проекцію, що співпадає з напрямком руху фрези, й відхилення інструменту від ідеальної траєкторії буде мінімальним.

П'ята стадія - це вибір технологічних режимів та керування. Для фрезерування заготовок зі змінними параметрами жорсткості вздовж траєкторії руху фрези у програмі необхідно встановлювати проміжні точки для інтерполяції траєкторії з метою забезпечення незначного варіювання відношення значень сили до величини жорсткості в напрямках, нормальних до оброблювальної поверхні. В процесі фрезерування ділянок поверхні, де змінюється напрям руху столу, необхідно враховувати зміну кута контакту фрези з деталлю, який впливає на зміну сили різання і пружних деформацій.

Швидкість фрезерування слід обирати, виходячи з умов забезпечення стійкості траєкторій. З одного боку, запас стійкості зростає зі збільшенням швидкості різання, з іншого – зі збільшенням частоти обертання фрези можливе параметричне збудження технологічної системи. Дослідженнями встановлено, що для втрати стійкості системи достатньо незначного збільшення швидкості різання і частоти обертання шпинделя. Оскільки динамічні параметри залежать від зношування інструменту та точності його геометрії, то необхідно визначити оптимальне значення швидкості, за якої система буде стійкою [1]. Швидкість різання має обмеження, які зумовлені відсутністю биття в деформаційних зміщеннях інструменту на ділянках формоутворення оброблювальних поверхонь.

Висновок. Враховуючи отримані результати досліджень, можна стверджувати, що динаміка процесів фрезерування визначається параметрами динамічних підсистем, які взаємодіють з процесом оброблення, технологічними режимами і геометрією інструменту, і тому можна змінювати всі ці характеристики для забезпечення заданих показників якості оброблювальних поверхонь.

Література

1. Данильченко Л.М. Аналіз переваг і недоліків традиційних схем різання в процесах лезового оброблення / Л.М. Данильченко, В.В. Собко // Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», (Тернопіль, 6-7 грудня 2023) – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2023. – С. 79-80.