

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ МОНОКОЛЕСО

У сучасному машинобудуванні зростає попит на високоточні, складнопрофільні деталі, що використовуються в авіаційній, автомобільній та енергетичній галузях. Одним із таких елементів є моноколеса — деталі з інтегрованою конструкцією, які поєднують функції декількох вузлів і характеризуються складною геометрією, високими вимогами до точності та механічних властивостей. Їх виготовлення потребує застосування прогресивних методів обробки, здатних забезпечити стабільну якість при мінімальних витратах часу та технологічних ресурсів.

П'ятикоординатні обробні центри забезпечують можливість виконання високоефективної обробки моноколес завдяки своїй здатності виконувати багатоплощинну обробку за один установ, зменшуючи кількість переналагоджень і, відповідно, похибок позиціонування деталі. Висока кінематична гнучкість, автоматизоване управління траєкторією інструмента та можливість інтеграції CAD/CAM-систем дозволяють реалізувати складні технологічні маршрути з високою точністю та повторюваністю. Застосування п'ятикоординатних верстатів з числовим програмним керуванням дозволяє реалізувати безперервну обробку поверхонь з мінімальними похибками позиціонування, забезпечуючи високу продуктивність і якість готового виробу.

У контексті переходу до цифрового виробництва (Industry 4.0), застосування п'ятикоординатних обробних центрів для обробки моноколес стає не лише технічно доцільним, а й економічно вигідним рішенням [1]. Це сприяє підвищенню продуктивності, зниженню витрат на технологічне оснащення, оптимізації виробничих процесів та забезпеченню стабільної якості продукції. Водночас виникає потреба в розробці та вдосконаленні технологічних режимів обробки, виборі оптимальних інструментів і стратегій керування, що враховують особливості матеріалу, геометрії та умов експлуатації моноколес.

Обробка деталей типу моноколесо, які характеризуються складною просторовою геометрією, тонкостінною структурою та високими вимогами до точності, є однією з найскладніших задач сучасного машинобудування. Саме складна геометрія поверхонь, що обробляються, а також тонкостінність (низька жорсткість) цих елементів, сприяють виникненню під час обробки таких явищ як автоколивання і їх різновиду – регенеративних коливань [2], відтискання різального інструменту, або оброблюваного елемента, зниження стійкості різального інструменту, що призводитиме до погіршення якості і точності обробки і, як наслідок, підвищенню трудомісткості виготовлення деталей за рахунок необхідності виконання ручної поліровки і доводки оброблених поверхонь.

У контексті САМ-програмування при обробці таких деталей ключовим фактором є правильний вибір стратегії керування траєкторією руху інструменту. Ефективними є методи обробки, при яких інструмент орієнтується перпендикулярно (по нормалі) до поверхні, що обробляється, однак враховуючи складну геометрію моноколес, використання такого методу обробки стає неможливим, оскільки сусідні елементи деталі перешкоджають забезпеченню перпендикулярності між віссю інструменту і поверхнею, що обробляється, що призводить до необхідності використання гібридних стратегій обробки, які поєднують контурну обробку з адаптивною зміною кутів нахилу. Це дозволяє уникнути різких змін напрямку руху, зменшити навантаження на інструмент і забезпечити рівномірне зняття матеріалу.

Вибір інструменту також має критичне значення. Для обробки складнопрофільних поверхонь моноколес, більшість із яких складають лопатки різної конфігурації, виготовлених з титанових або жароміцних сплавів, рекомендується застосовувати конусні фрези з радіусною кромкою, виготовлені з твердого сплаву, або змінними багатогранними пластинками виготовленими з PCD (полікристалічного алмазу), та CBN (кубічного нітриду бору). Режими різання повинні підбиратися з урахуванням теплофізичних властивостей матеріалу: мала глибина різання, висока швидкість обертання інструменту, контроль подачі та охолодження. Це дозволяє мінімізувати температурний вплив, уникнути деформацій і зберегти точність геометрії.

Список літератури:

1. Обладнання для новітніх технологій [Текст]: навч. посібник / В. В. Солоха, Л. Й. Івченко, І. А. Бойко та інші. – Запоріжжя: Мотор Січ, 2021. – 209 с.
- Тонконогий В. М. Зниження регенеративних коливань під час фрезерування маложорстких деталей за рахунок модуляції швидкості головного руху верстата / В. М. Тонконогий, С. А. Зелінський, А. Ж. Ткач, Ю. О. Серебряй // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – Львів. – 2016. №839. – С.138-143.