УДК 621.9.048.6

Шевченко О.В., докт. техн. наук, професор
Пирч В.М., магістр
Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,
o.shevchenko@kpi.ua

ОРІЄНТАЦІЯ ПРУЖНОЇ СИСТЕМИ ІНСТРУМЕНТУ ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА

Основною причиною виникнення автоколивань при різанні є зміна площі зрізу та сили різання внаслідок відносного коливального руху інструменту і оброблюваної деталі з урахуванням наявності координатного зв’язку між процесом різання та рухом за різними координатами пружної системи верстата [1]. При токарній обробці траєкторія руху вершини різця має форму наближену до еліпсу, головні вісі якого зазвичай не співпадають з узагальненими координатними осями верстата. Крім того, радіальна податливість системи інструменту є різною при різних напрямках навантаження, що обумовлює наявність осей мінімальної та максимальної податливості. Якщо напрямок цих осей прийняти у якості головних або нормальних координат пружної системи інструменту з центром в точці різання, то рухи за цими осями можна вважати незалежними, що дозволяє повністю розділити змінні, які визначають рух інструменту в довільній в площині *yOz*.

Крім того, параметри податливості, або жорсткості, пружної системи та напрямок осей головних координат є характеристиками пружної системи і не залежать від напрямку зовнішнього навантаження. Для забезпечення вібростійкості пружної системи верстата рекомендується щоб її жорсткість була можливо більшою в напрямку нормалі до оброблюваної поверхні, або в напрямку сили різання, а в інших напрямках жорсткість системи повинна бути менше, щоб не сприяти втраті вібростійкості системи внаслідок координатного зв'язку.

Властивості пружної системи інструменту можна визначити на основі розрахункової схеми (рис. 1), яка представлена у вигляді приведеної маси *m*, що зв'язана з базою верстата ланками з пружними властивостями c_{η_1} і c_{η_2}, орієнтованими під кутом β до узагальненої системи координат *yOz*. На масу *m* діє сила різання *P,* прикладена до вершини різця під кутом α. Припускається, що маса рухається тільки в напрямках головних осей координат $O\eta_1$ і $O\eta_2$.

Розрахункова схема дозволяє визначити пружне переміщення вершини різця в радіальному та тангенціальному напрямках від дії сили різання. Радіальне переміщення різця найбільше впливає на точність обробки, змінюючи відстань між вершиною різця і оброблюваною поверхнею деталі. Переміщення різця в тангенціальному напрямку може мати вплив на точність тільки при обробці деталей малих діаметрів через зміну кутів різання.

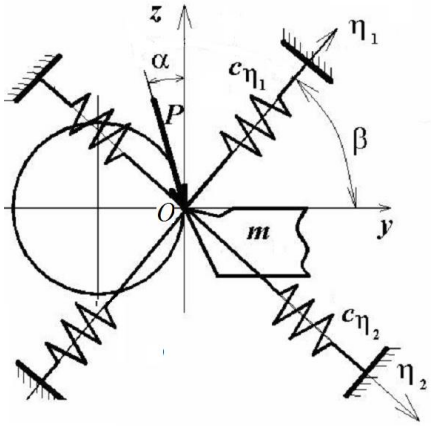


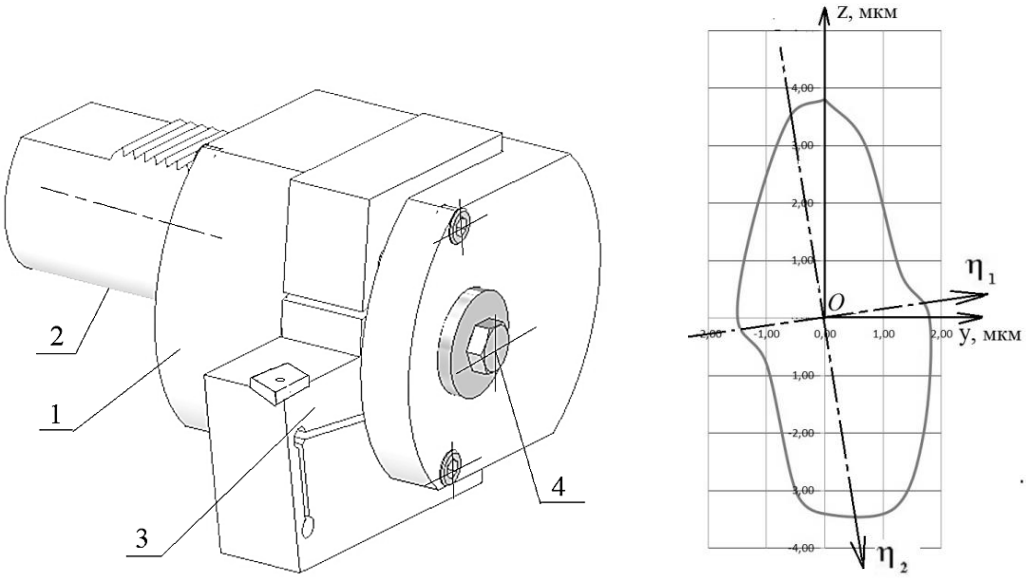
Рис. 1 – Розрахункова схема пружної системи інструменту токарного верстата в площині *yOz*

Статичну характеристику пружної системи інструменту можна визначити за виразом [1, 2]:

$$K_{ПС} = y / P = \cos(\beta - \alpha) \cdot \sin \beta / c_{\eta_2} - \sin(\beta - \alpha) \cdot \cos \beta / c_{\eta_1} . \quad (1)$$

Якщо встановити діапазон значень коефіцієнтів жорсткості c_{η_1} і c_{η_2} пружної системи інструменту в напрямку головних осей координат $O\eta_1$ і $O\eta_2$, то за допомогою виразу (1) є можливість визначити діапазон значень кута β розвороту головних осей координат пружної системи, при якому ця система буде мати найменшу радіальну податливість і відповідно буде забезпечена найбільша точність обробки.

Якщо в конструкції базового верстата при певних умовах обробки виникає втрата вібростійкості, є можливість за допомогою різцетримачів з орієнтованою жорсткістю змінити напрямки головних осей пружної системи інструменту на рекомендовані для вібростійкої обробки. На рис. 2 наведено загальний вигляд різцетримача токарно-револьверного верстата, в конструкції якого зроблено спробу реалізувати основні способи підвищення вібростійкості токарної обробки.



а) б)

Рис. 2 – Загальний вигляд різцетримача (а), де: 1 – корпус, 2 – хвостовик для кріплення в револьверній головці, 3 – пружна частина з різцевою пластиною, 4 – вісь демпфера; розрахункова полярна діаграма податливості пружної частини різцетримача (б) від навантаження силою 100 Н по колу через 30^0 в площині *yOz*

Конструктивно пружна частина різцетримача має декілька пружних шарнірів, які розміщені таким чином, що вершина різця при навантаженні силою різання буде рухатись переважно в тангенціальному напрямку (вісь *Oz*), забезпечуючи умову більшої жорсткості в напрямку нормалі до оброблюваної поверхні (вісь *Oy*). Для зменшення впливу тангенціальних коливань різця на якісні характеристики оброблюваної поверхні в конструкції різцетримача встановлюється демпфер для гасіння енергії автоколивань при різанні.

Використання різцетримачів з орієнтованою жорсткістю та демпфером дозволяє підвищити вібростійкість та продуктивність токарної обробки, забезпечуючи умову захисту від втрати вібростійкості пружної системи інструменту внаслідок координатного зв’язку між процесом різання та рухом за координатами пружної системи інструменту. Різцетримачі такого типу можуть бути використані для підвищення продуктивності токарної обробки литих та штампованих заготовок, переривчатих поверхонь, важкооброблюваних матеріалів, тощо.

Список посилань

1. Орліков М.Л. Динаміка верстатів: Навч. посіб для вузів. – Київ: Вища школа, 1989. – 272 с.

2. Шевченко О.В. Вплив радіальної податливості пружної системи інструменту токарного верстата на точність обробки / Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції "Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта", секція: Прогресивна техніка та технологія машинобудування – Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського: 06-09.10.2020. – с. 106-109.

УДК 621.9

Пермяков О.А., докт. техн. наук, професор
Національний технічний університет «ХПІ», perm_a@i.ua
Яковенко І.Е., канд. техн. наук, професор
Національний технічний університет «ХПІ», igor.dych59@gmail.com
Пермяков О.О.
HERMES TECHNIC , м.Легниця, Польща, opermiakov31@gmail.com
Przemysław Jóźkowicz,
HERMES TECHNIC , м.Легниця, Польща, pjozkowicz@wp.pl

РЕВЕРСИВНИЙ ІНЖИНІРИНГ ДЕТАЛЕЙ НА ОСНОВІ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЕКСТРУЗІЙНОГО 3D-ДРУКУ КОНСТУКЦІЙНИМИ ТЕРМОПЛАСТИКАМИ

Сучасний розвиток інформаційних технологій у машинобудуванні надає нові можливості та альтернативу існуючим підходам до проектування технологічних процесів виготовлення або відновлення деталей. Завдяки розвитку сучасних технологій та сучасного обладнання машинобудування отримало такий потужний інструмент, як реверсивний інжиніринг.

Реверсивний інжиніринг (реверс інжиніринг, зворотне проектування, reverse-engineering) потрібен, коли необхідне: відновлення втрачених деталей; відновлення зношених або деталей, що вийшли з ладу; збереження інформації про об'єкти для їхнього подальшого ремонту чи відтворення. Реверс-інжиніринг значно прискорює та спрощує виробничі процеси. Можливість створення 3D-моделей виробів методами ручного комп’ютерного графічного дизайну або за рахунок 3D-сканування, їх подальший експорт до CAM систем та використання методів традиційного субтрактивного виробництва (на основі верстатів з ЧПК) або методів адитивного виробництва (3D-друк) значно спрощує процес технологічного проектування та виготовлення деталі [1].

Польська фірма HERMES TECHNIC [2] є компанією з багаторічним досвідом, яка займається широкими послугами в галузі металообробки, серійним і несерійним виробництвом, у тому числі регенерацією та ремонтом. Звичайною практикою став саме реверсивний інжиніринг деталей за багаторазово перевіреною послідовністю. Приклад створення точної копії об'єкта за вже існуючим зразком продемонстрований на рис.1 при виготовленні BoWex®-муфти. BoWex® - штепсельна зубчаста муфта з круговими зубцями з пластмаси є гнучким з'єднанням валів, передає момент, що крутить, геометричним замиканням і застосовується для компенсації осьового, радіального і кутового зміщення. BoWex®-муфти відрізняються високою зносостійкістю, оскільки завдяки принципу дії кругових зубів можна уникнути тиску кромки в зубчастому зачепленні при радіальному і кутовому зміщенні. Може передавати момент, що крутить, 5-24 Нм в залежності від типорозміру. Не вимагає обслуговування завдяки поєднанню матеріалів пластмаса-сталь. Осьове штепсельне з'єднання – простий монтаж. Діапазон температур від -25 до + 100 °C.

Для виготовлення BoWex®-муфти методом екстузійного 3D-друку використовувався конструкційний термопластик ABS. ABS-пластик (акрилонітрилбутадієнстирол) зарекомендував себе на ринку як надійний і безпечний матеріал для друку на 3D-принтері. Модифікована версія для 3D-друку відрізняється вищою міцністю. Не має різкого запаху, не плавиться за високих температур, тому вважається максимально безпечним для