

УДК 621.9

М.М. Зінь, канд. техн. наук, доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

СИНТЕЗ ВЕРСТАТНО-ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОСНАЩЕННЯ ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ ГВИНТОВИХ ПОВЕРХОНЬ

M.M. Zin, Ph.D, Assoc. Prof.

SYNTHESIS OF MACHINING-TOOL EQUIPMENT FOR PROCESSING HELICAL SURFACES

Сучасне машинобудування неможливо уявити без гвинтових поверхонь. Для їх формоутворення безупинно створюється нове верстатно-інструментальне оснащення (ВІО). Однак кожний конкретний випадок виробництва вимагає індивідуального підходу до проектування або вибору ВІО, тому що на вагу ставиться абсолютно все – матеріально-технічна база підприємства, його фінансовий стан, наявність чи відсутність необхідного програмного забезпечення, економічна доцільність та ін.

Над проблемами синтезу різальних інструментів, ВІО, формоутворення гвинтових поверхонь, динаміки процесу різання і стійкості різальних інструментів працювали такі вчені як Родін П.Р., Равська Н.С., Грановський Г.І., Гречішніков В.А., Іноземцев Г.Г., Кірсанов Г.Н., Решетов Д.М., Андреєв Г.С., Розенберг О.М., Розенберг О.О., Кудінов В.О., Орликов М.Л., Кузнецов Ю.М., Нагорняк С.Г., Анельчик Д.Є., Луців І.В., Зеленський К.В., Ковальчук С.С., Віксман Є.С., Левін Б.Г. та ін. Цим питанням також, зокрема, присвячено роботу [1], основна ідея якої полягає в тому, що багатолезовий швидкорізальний інструмент – у нашому випадку *вихрові головки* для швидкісного нарізання різей на токарно-гвинторізних верстатах – оснащується спеціальними «демпферами» – по одному «демпферу» на кожне окреме різальне лезо, внаслідок чого знижуються ударні навантаження і підвищується стійкість інструменту. Незважаючи на здавалось би неминуче погіршення точності оброблення внаслідок втілення зазначеного технічного рішення, цього не відбувається: демпфування здійснюється лише уздовж осі дії тангенціальної, а не радіальної складової сили різання, що унеможливує радіальні переміщення леза інструменту під час демпфування (як відомо, саме *радіальне* «биття» інструменту відносно заготовки визначає клас точності оброблення). Навпаки, в окремих випадках було зафіксовано підвищення точності і зниження шорсткості поверхонь, які обробляються, що можна пояснити зменшенням коефіцієнту динамічності під час взаємодії між собою окремих елементів системи ВПД (верстат – пристосування – інструмент – деталь).

Робота [1] залишається актуальною і на сьогодні. Максимально висока жорсткість системи ВПД на всіх ступенях вільності – запорука високої точності оброблення. Якщо ж інструмент є багатолезовим і його окремі різальні леза за чергою то входять, то виходять з тіла деталі, жорсткий кінематичний зв'язок між рухом окремого леза інструменту, з однієї сторони, і заготовки, з другої сторони, відсутній. Відтак під час оброблення гвинтових поверхонь *багатолезовим інструментом, що обертається відносно власної осі*, висока жорсткість системи ВПД на однойменному ступені вільності не потрібна. Наявність між різальним лезом і шпинделем вихрової головки *правильно розрахованого пружного елемента з лімітованим пружним переміщенням* в напрямку, протилежному до напрямку дії основної (тангенціальної) складової сили різання – гарантія безударного входу леза в тіло деталі. Такий підхід до проектування ВІО дуже позитивно позначається на функціонуванні інструменту, особливо твердосплавного – час його роботи до поломки чи викришування завдяки цьому суттєво (у декілька разів) підвищується. Якщо ж паралельно до *пружного*

елементу встановлено *демпфуючий*, відбувається гасіння можливих небажаних колових коливань різального леза відносно осі шпинделя вихрової головки. Відсутність демпфуючого елемента може зводити нанівець сприятливу дію пружного елемента. Дуже часто пружний і демпфуючий елементи виступають в якості однієї деталі – пружно-демпфуючої вставки («демпфера»). Це забезпечує спрощення і здешевлення конструкції інструменту.

Сучасний підхід до формоутворення гвинтових поверхонь характеризується активним залученням ІТ-технологій. Тому згідно з теперішнім рівнем розвитку науки і техніки для виготовлення будь якої деталі потрібно мати дві речі: 1) *soft*, а саме 3D-модель деталі; 2) *hard*, а саме 3D-принтер. На жаль, сьогоднішні 3D-принтери можуть виготовляти деталі в основному лише з пластмаси, але в недалекому майбутньому вони, безперечно, зможуть працювати з будь якими матеріалами. Якщо 3D-принтер відсутній або потрібно виготовити деталь з металу, а не з пластмаси, замість нього можна використовувати сучасний багатоцільовий верстат з ЧПК і заготовку, з якої повинна бути виготовлена деталь. Вартість однієї години роботи такого верстату еквівалентна в середньому 10\$ США. Верстат працює багатолезовим інструментом: для оброблення того чи іншого матеріалу є свій комплект таких інструментів. Отже, ми бачимо, що комп'ютерна епоха перетворила раніше «бездушний» металорізальний верстат в «розумного майстра», який здатний самостійно приймати правильні рішення щодо алгоритму оброблення тієї чи іншої деталі. Робота сучасного верстату з ЧПК характеризується такими етапами: 1) у пам'ять ЕОМ, що керує верстатом, завантажують 3D-модель деталі, яку необхідно виготовити; 2) закріплюють на столі заготовку; 3) встановлюють у шпиндель (-і) верстату інструмент (-и), що (-і) призначений (-і) для оброблення матеріалу, з якого виготовлена заготовка; 4) закривають захисний кожух верстату; 5) у програмі, яка керує роботою верстату, натискають кнопку «Пуск». Далі верстат буде самостійно працювати до того часу, поки не будуть оброблені з заданою точністю і шорсткістю всі поверхні деталі згідно з розмірами 3D-моделі, яку було завантажено в пам'ять комп'ютера, що керує.

Як бачимо, сьогодні лише одного ВІО і кваліфікованого робітника недостатньо, щоб якісно виготовити конкурентоздатну деталь зі складними (наприклад, гвинтовими) поверхнями. Замість робочого креслення потрібна 3D-модель деталі. Замість робітника – сучасний комп'ютер, який сам себе навчає, враховує раніше зроблені помилки, підлаштовується під будь які зміни у протіканні процесу різання.

Кафедра енергозбереження та енергетичного менеджменту (ЕМ) ТНТУ ім. І.Пулюя займається *розрахунком, проектуванням і 3D-моделюванням (РПЗДМ)* деталей з гвинтовими поверхнями (матриць і пуансонів штампів) для виготовлення заготовок деталей, які використовуються у відновлюваній енергетиці (зокрема, в малій гідроенергетиці). Низку таких проектів успішно впроваджено. Одна з наших недавніх робіт – РПЗДМ штамп для виготовлення заготовок робочих лопатей (ЗРЛ) пропелерної гідротурбіни Т-74 (діаметр робочого колеса (РК) – 74 см). Металообробний цех спеціалізованого підприємства успішно використовує виготовлений за нашим проектом штамп для формоутворення ЗРЛ турбін не тільки цього діаметру, але й ЗРЛ пропелерних і поворотлопатевих турбін з діаметрами РК 50 см, 36 см, 120 см та ін. Наші наукові та проектно-вишукувальні роботи, зокрема, застосовано у проекті пропелерної гідротурбіни Т-50, яку встановлено у 2016 році на Бережанській мікроГЕС (в м. Бережани на р. Золота Липа). Зазначена гідроелектростанція в цілому є також проектом кафедри ЕМ, який успішно втілено у життя.

Література

1. Зінь М.М. Синтез вихрових головок з пружно-демпфуючими елементами: Дис. канд. техн. наук: 05.03.01. – Тернопіль, 1999. – 189 с.