
УДК 621.91.01:621.92

КОНТРОЛЬ ТОЧНОСТІ ПРИ ФРЕЗЕРУВАННІ КОНТУРІВ НА ВЕРСТАТАХ З ЧПК

Шуплєцов Д.К., Петраков Ю.В.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

Анотація: У роботі розглянуто функціональні можливості сучасних обробних центрів із ЧПК, що дозволяють виконувати обробку всієї деталі, навіть такої складної, як турбінна лопатка, за одну операцію. Визначено також, що при обробці поверхонь складної форми умови різання істотно змінюються уздовж формотворною траєкторії. Це призводить до появи помилки, природа якої залежить від багатьох факторів, значна частина з яких має стохастичний характер. Тому на етапі проектування керуючої програми важко передбачити можливі колізії, що виникають при обробці. У таких випадках рекомендується використовувати принцип управління по апріорній інформації. Визначено, що для забезпечення необхідної точності необхідно виконувати адаптацію керуючої програми до фактичних умов обробки з метою рівномірного розподілу припуску або (і) корекції траєкторії на останньому проході. Всі ці інновації вимагають виконання вимірювань безпосередньо на верстаті без зняття заготовки для вимірювань на контрольно-вимірювальних машинах (КІМ).

Ключові слова: вимірювання контуру деталі, верстат з ЧПК, трикоординатний цуп

Вступ. Функціональні можливості сучасних обробних центрів із ЧПК дозволяють виконувати обробку всієї деталі, навіть такої складної, як турбінна лопатка, за одну операцію [1]. Відомо також, що при обробці поверхонь складної форми умови різання істотно змінюються уздовж формотворною траєкторії. Це призводить до появи помилки, природа якої залежить від багатьох факторів, значна частина з яких має стохастичний характер. Тому на етапі проектування керуючої програми важко передбачити можливі колізії, що виникають при

обробці. У таких випадках рекомендується використовувати принцип управління по апріорній інформації [2]. Для забезпечення необхідної точності виконується адаптація керуючої програми до фактичних умов обробки з метою рівномірного розподілу припуску або (і) корекції траєкторії на останньому проході. Всі ці інновації вимагають виконання вимірювань безпосередньо на верстаті без зняття заготовки для вимірювань на контрольно-вимірювальних машинах (КІМ).

Для виконання таких вимірювань використовують вимірювальні щупи, якими укомплектовуються верстати з ЧПУ. Наприклад, на фрезерних обробних центрах фірми HAAS встановлені датчики фірми Renishaw, які задовольняють вимогам по точності. Найчастіше це контактні трьох координатні щупи, які в основному використовуються для прив'язки керуючої програми до заготівлі і системи координат верстата і не можуть бути використані для зазначених вище завдань.

У той же час, для контролю складних 3D поверхонь широко використовуються датчики нового покоління від компаній Blum, Renishaw та інших [3]. Такі датчики мають нову систему перетворювачів на базі тензодатчиків. За рахунок цього вони можуть виконувати вимірювання при контакті з поверхнею в довільному напрямку, що необхідно при контролі складних 3D поверхонь. Для виконання таких вимірювань, крім датчиків, необхідні спеціальні програмні продукти, наприклад, PowerINSPECT компанії Delcam. Спочатку ця програма була розроблена для використання в КІМ, а потім спільно з компанією Renishaw була трансформована в новий програмний продукт - PowerINSPECT OMV (On-Machine Verification) [4]. Відзначається, що запропонована технологія OMV забезпечує значну економію часу, оскільки тепер точність обробки можна контролювати на всіх етапах технологічної операції, без зняття деталі (заготовки) з верстата.

Для використання PowerINSPECT OMV необхідно до системи ЧПУ верстата підключити комп'ютер, який буде приймати сигнали від вимірювального щупа, виконувати їх відповідну обробку і готувати протокол в заданому форматі. Таким чином, комп'ютера необхідно забезпечити постійний зв'язок з системою ЧПУ верстата, крім того, можна використовувати тільки такі сучасні системи як Siemens 840D, Mazatrol 640, Fanuc 16i, Heidenhain 426.

У той же час в промисловості України використовуються верстати з трикоординатними вимірювальними щупами, можливості вимірювань яких обмежуються стандартними циклами, які «зашиті» в системі ЧПУ [5]. Таким чином, навіть при контурній обробці потенційні можливості існуючих на верстатах систем вимірювання не можуть бути використані. Для того, щоб дізнатися, який же контур був оброблений, доводиться знімати деталь з верстата, порушуючи розмірні технологічні ланцюжки для подальшої корекції. Тому розробка нової технології, спрямованої на розширення функціональних можливостей існуючої на верстаті вимірювальної системи є актуальною науково-технічною задачею.

Метою даного дослідження є розробка простої технології контролю точності і верифікації контурів деталей безпосередньо на фрезерному верстаті з ЧПУ, оснащеному трьохкоординатним контактним щупом. Для цього необхідно, по-перше розробити керуючу програму з автоматичним занесенням даних вимірювань в файл і по-друге створити прикладну програму, яка по завантаженої керуючої програмі обробки в G-кодах, буде демонструвати результати контролю і підготує файл для виконання корекції первинної керуючої програми.

Рішення завдання. Для виконання першого завдання можна скористатися шаблонами, які містяться в більшості стійок верстатів з ЧПУ, оснащених простими контактними щупами. Однак, як показує практика, для більшості схем вимірювання контурів і поверхонь деталей з метою подальшого використання результатів при проектуванні корекції таких шаблонів недостатньо. Тому була розроблена спеціальна керуюча програма з використанням стандартних кодів руху вимірювального щупа. Програма записується в G-кодах, подібно керуючої програмою для фрезерування контуру деталі. Такий підхід був використаний при контролі обробленого контуру деталі, який складається з двох прямих і дуги кола (рис.1).

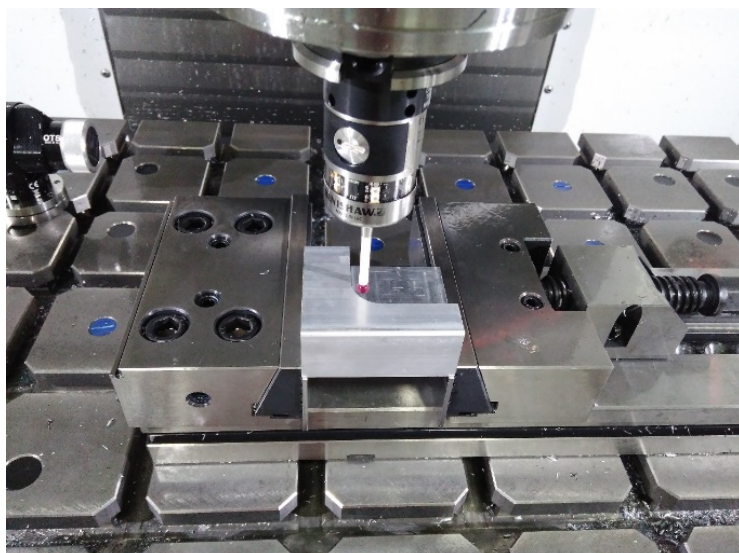


Рис.1. Контроль контуру на верстаті HAAS VM3

оброблюваного контуру, кутів нахилу виконується в рамках розробленого алгоритму.

Розрахунок масиву точок еквідистанти фрези виконується з заданим кроком, а масив точок контуру деталі обчислюється по відомим [3] формулами з використанням попередньо визначеного масиву кутів нахилу еквідистанти. Всі ці розрахунки виконуються чисельними методами. Нарешті, розраховується масив кутів нахилу контуру деталі і в програмі створюються всі необхідні масиви даних для контролю точності обробленого контуру.

Інтерфейс програми в стані верифікації результатів по завантажених файлів G-кодів і вимірювань в форматі *.txt представлений на рис.2. Після зрозумілих з написів послідовних маніпуляцій кнопками на інтерфейсі в його графічному вікні з'являються траєкторії (еквідистанта) руху центру фрези (лінія 1) і теоретичний контур деталі (лінія 2).

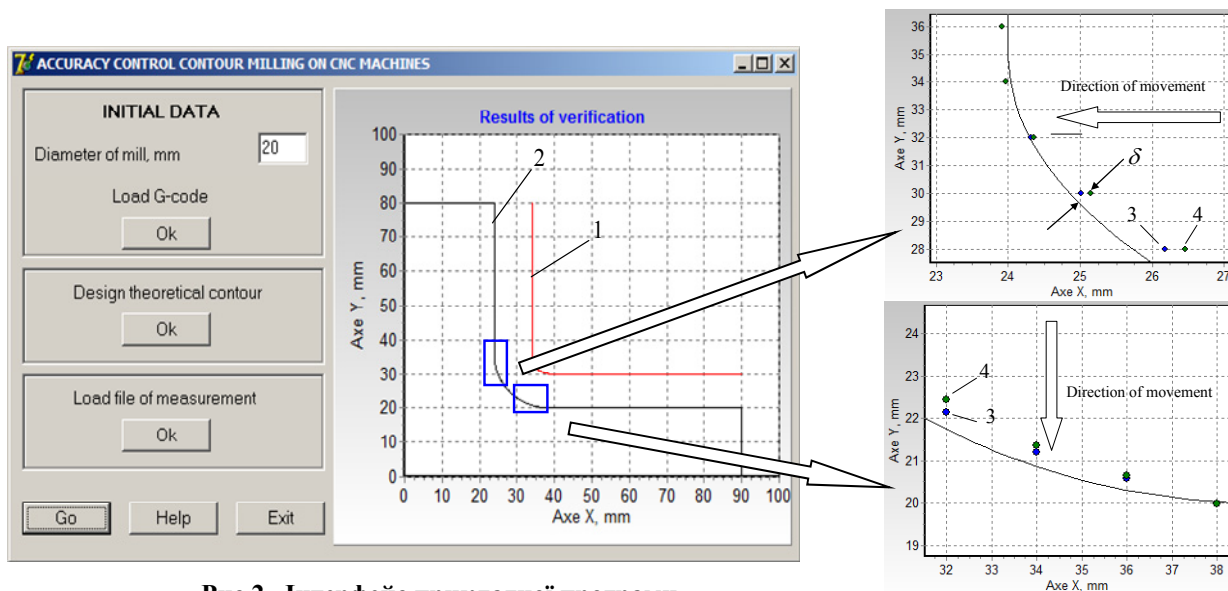


Рис.2. Інтерфейс прикладної програми

Будь-яка ділянка контуру в графічному вікні може бути збільшений до бажаного масштабу. Наприклад, збільшення ділянок, виділених прямокутниками, дозволяє спостерігати розташування координат файлу вимірювань (точки 3) і обчислених по ним координат фактичного контуру (точки 4). Зауважимо, що координати точок контуру розраховуються в

програмі за формулами (1) і (2). За результатами, які представляються в графічному вікні, можна також оцінити точність обробленого контуру за величиною, яка визначає відстань від теоретичного контуру до розрахованої точки контролю і вимірюється по нормалі до теоретичного контуру деталі як показано на рис.2.

Висновок. Теоретично обґрунтовано та практично доведено можливість контролю обробленого контуру деталі безпосередньо на фрезерному верстаті з ЧПУ при використанні простого трьохкоординатної контактної щупа і стандартних циклів G-кодів з автоматичним створенням файлу даних вимірювань.

Список літератури:

1. *Обработки лопатки турбины и других деталей авиации на обрабатывающих центрах CHIRON* // <https://www.youtube.com/watch?v=k7JJv8T19io>
 2. *Петраков Ю.В., Шуплецов Д.К. Корекція траєкторії формоутворення за апостериорною інформацією, ЖДТУ. Серія технічні науки, №1(72), Житомир 2015 С.37-40.*
 3. *Blum focus on productivity* www.blum-novotest.com
 4. *Веретнов А. Контроль точности обработки изделий на станках с ЧПУ при помощи PowerINSPECT OMV* // ж. САПР и графика. – 2012. – №. 6. – С. 76-79.
 5. *PowerINSPECT – World-leading hardware-independent inspection software* <ftp://arrow.delcam.com/pdf/powerinspect/en/PowerINSPECT-OMV.pdf>
-