Ю. Л. Чигиринский, А. А. Грешников, А. А. Жданов, Е. М. Фролов

**АНАЛИЗ МЕТОДОВ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ
ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ**

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: cool.1309@yandex.ru

Проведен сравнительный анализ используемых методов обработки отверстий относительно большого диаметра для деталей, обрабатываемых на фрезерных обрабатывающих центрах с ЧПУ. Рассмотрена возможность использования метода интерполяционного (планетарного) точения.

Ключевые слова: обработка отверстий, обрабатывающий центр с ЧПУ, планетарное фрезерование, планетарное точение, интерполяционное точение.

Ju. L. Tchigirinsky, A. A. Greshnikov, A. A. Zhdanov, E. M. Frolov

ANALYSIS OF METHODS FOR SHAPING INTERNAL SURFACES OF ROTATION

Volgograd State Technical University

A comparative analysis of the methods used for processing holes of relatively large diameter for parts processed at CNC milling processing centers is carried out. The possibility of using the interpolation (planetary) turning method is considered.

Keywords: hole machining, CNC machining center, planetary milling, planetary turning, interpolation turning.

В настоящее время при обработке отверстий относительно большого диаметра (свыше 150–200 мм) на фрезерно-расточных станках с ЧПУ применяются два основных метода (обработка размерообразующим инструментом не рассматривается по экономическим соображениям):

1. Традиционное растачивание расточной оправкой с осевой подачей.

2. Фрезерование с круговой интерполяцией (планетарное фрезерование).

Метод растачивания расточной оправкой с осевой подачей (рис. 1) обеспечивает хорошее качество поверхности и точность формы отверстия при чистовой обработке, а при черновой обработке обеспечивает высокую производительность. В частности, высокая производительность обеспечивается многолезцовыми расточными блоками

Рис. 1. Схема растачивания отверстия расточной оправкой с осевой подачей инструмента

Недостатки данного метода:

1. Каждая оправка настраивается под конкретный размер отверстия, то есть при обработке нескольких разных отверстий на одной детали потребуется своя оправка для каждого размера отверстия. Это приведет к дополнительным затратам на приобретение инструмента и потере времени на смену инструмента.

2. Невозможность обработать внутренние канавки данным методом (рис. 2). Обработка внутренних канавок растачиванием на фрезерно-

Рис. 2. Пример внутренней канавки

расточных станках с ЧПУ возможна с использованием расточной головки с управляемой радиальной подачей, но на данный момент такие головки очень дорогие

3. При больших диаметрах отверстий оправка может не поместиться по размеру и/или массе в магазин инструментов.

4. Требуется большой крутящий момент на шпинделе при обработке отверстий больших диаметров.

Главное преимущество метода фрезерования отверстий с круговой интерполяцией (рис. 3) в том, что одним инструментом можно обрабатывать разные диаметры отверстий [1, 2]. Также возможна обработка глухих отверстий в сплошном материале за один переход.

Рис. 3. Схема фрезерования отверстия с круговой интерполяцией

Недостатками фрезерования отверстий являются нестабильное качество поверхности и формы отверстия. Одним из главных факторов, негативно влияющих на точность отверстия при фрезеровании с круговой интерполяцией [3], является ошибка при реверсировании подач (при максимальных ускорениях приводов).

Известен еще один метод обработки отверстий – планетарное растачивание (рис. 4) [4]. Метод пока не получил широкого распространения, однако он имеет несколько преимуществ:

1. Возможность обработки нескольких отверстий, близких по диаметру, одним инструментом.

2. Качество поверхности выше, чем при фрезеровании [3].

3. За один переход можно обработать отверстие с канавкой (рис. 2).

4. Уменьшается крутящий момент на шпинделе по сравнению с классическим растачива-

нием за счет применения инструмента меньшего диаметра.

Рис. 4. Схема планетарного растачивания

Скорость резания будет складываться из вращения инструмента вокруг собственной оси и вращения оси инструмента вокруг оси обрабатываемого отверстия (1):

$$v = v_1 + v_2, \quad (1)$$

где v_1 – составляющая скорости резания от вращения инструмента; v_2 – составляющая скорости резания от вращения оси инструмента вокруг оси отверстия, обеспечивается рабочими подачами станка.

Максимальная скорость резания будет определяться формулой (2):

$$v_{\max} = \frac{D_0 \cdot v_{2\max}}{D_0 - D}, \quad (2)$$

где D_0 – диаметр обрабатываемого отверстия; D – диаметр настройки инструмента; $v_{2\max}$ – максимальная скорость рабочих подач станка.

Как видно из формулы (2), ограничивающим фактором является скорость подач станка. После изучения кинематики движения при планетарном растачивании, можно отметить недостатки метода:

1) Скорость резания ограничена максимальной скоростью рабочих подач станка (2).

2) Так как в формообразовании отверстия участвуют движения рабочих подач станка, данный метод так же, как и фрезерование с круговой интерполяцией, чувствителен к неточностям в движениях подач станка.

Выводы:

1. Проанализировав три метода обработки внутренних поверхностей вращения, можно сделать вывод, что планетарное растачивание является перспективным методом обработки отверстий большого диаметра (свыше 150–200 мм), так как данный метод объединяет в себе преимущества традиционного растачивания и фрезерования с круговой интерполяцией.

2. В работе [4] рассмотрены схема движения инструмента и преимущества планетарного растачивания. Также уже существуют циклы для реализации этого метода [5]. Однако нет достаточной информации о применении данного метода и получаемых точности и качестве поверхности.

3. Необходимо тестирование технических возможностей применения данного метода на существующем оборудовании с ЧПУ, а также экспериментальная проверка достижимых показателей точности и качества поверхности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Давыдов, В. М. Исследование процесса формообразования цилиндрических поверхностей отверстий при стратегии чистовой фрезерной обработки концевыми фрезами с круговой интерполяцией / В. М. Давыдов, В. А. Стельмаков, А. В. Сарыгин // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2019. – № 5 (78). – С. 25–31.
2. Стельмаков, В. А. Обеспечение точности формы при чистовой обработке отверстий методом фрезерования / В. А. Стельмаков [и др.] // Информационные технологии

XXI века / под ред. В. В. Воронина. – Хабаровск, 2017. – С. 502–509.

3. Mohamed Slamani. Improvement to high-speed end mill boring accuracy by a simple compensation strategy / Mohamed Slamani // Machining Science and Technology: An International Journal. – 2012. – № 16 – С. 1–19.
4. CN104043852A. China, IPC B23B-035/00. Planetary boring method / SHI TANGCUN. – № CN201410274058; application date 18.06.14; publication date 17.09.14.
5. Interpolation turning with CYCLE959 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://new.siemens.com/global/en/markets/machinebuilding/machine-tools/cnc4you/cnc4you-videos/ttt-turn/cycle-959.html> (дата обращения 13.02.20)