

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ

С.П. Пестов

Предложен подход к моделированию точности обработки отверстий концевыми мерными инструментами на станках с ЧПУ сверлильно-фрезерно-расточной группы как к совокупности особенностей достижения точности на этапе настройки оборудования (при координатных перемещениях инструментов на оси отверстий) и этапе процесса формообразования (непосредственной обработки).

Ключевые слова: моделирование; точность; отверстия; станки с ЧПУ; этап настройки; этап формообразования; концевые мерные инструменты.

Числовое программное управление (ЧПУ) станками предопределяет новые подходы к технологии обработки деталей и в обеспечении интегральной характеристики их качества – точности. Знание особенностей моделирования точности при обработке деталей на станках с ЧПУ необходимо технологам-программистам и проектировщикам САМ систем.

При обработке на станках с ЧПУ сверлильно-фрезерно-расточной группы заготовки предварительно устанавливают относительно координатной системы станка. Далее производят координатные перемещения, заданные в управляющей программе, рабочего органа станка для его выхода в точки позиционирования и обработки. Поэтому для комплексного моделирования точности на таких автоматизированных станках необходимо выделить два этапа – этап настройки станка и этап формообразования (непосредственной обработки). На этапе настройки рабочий орган с заготов-

кой не контактирует, а на этапе формообразования осуществляется взаимодействие инструмента с обрабатываемой заготовкой. Такой подход с выделением этапов настройки и формообразования, в общем случае справедлив для обработки любых поверхностей деталей – плоскостей, пазов, отверстий и т.д.

На станках с ЧПУ сверлильно-фрезерно-расточной группы обрабатывают разнообразные по конструкции детали типа плит, оснований, кронштейнов, рычагов, вилок, корпусов и т.п. Многие из этих деталей имеют отверстия, которые являются сопрягаемыми при сборке изделий. К таким отверстиям предъявляются высокие требования по точности расположения оси, размера и другим параметрам точности. Формообразование отверстий с высокими требованиями к заданным чертежом параметрам точности производится последовательно за несколько переходов, в том числе - высокопроизводительными концевыми мерными инструментами (КМИ) типа двухлезвийных свёрл, многолезвийных зенкеров и разверток. Поэтому рассмотрим особенности моделирования точности обработки отверстий на станках с ЧПУ с выделением этапов настройки станка и формообразования отверстия концевыми мерными инструментами.

На рис. 1 приведена схема особенностей моделирования точности отверстий на этапах настройки и формообразования.



Рис. 1. Схема особенностей моделирования точности отверстий на станках с ЧПУ на этапах настройки и формообразования: КМИ – концевые мерные инструменты; ТС – технологическая система; ПТ – параметры точности

На этапе настройки к основным факторам, приводящим к погрешностям обработки можно отнести настройку в «нуль» детали, позиционирования подвижных узлов станка по линейным и угловым координатам и автоматическую смену инструмента. Указанные факторы влияют только на погрешность расположения осей отверстий. Поэтому можно утверждать, что на этапе настройки из всего комплекса заданных параметров точности, достаточно рассмотреть моделирование точности расположения осей отверстий.

Для моделирования точности расположения осей отверстий на этапе настройки следует использовать метод формирования размерных цепей и их дальнейший расчёт. Размерные цепи, сформированные для моделирования точности на этапе настройки, могут быть нелинейными (плоскими или неплоскими), а в отдельных случаях и пространственными, например, в корпусных деталях. Однако расчёты подобных размерных цепей традиционными методами не достаточно эффективны. Поэтому предлагается новый интервальный метод расчёта размерных цепей, учитывающий взаимовлияние линейных и угловых звеньев, и на основе этого метода осуществить моделирование и оценку точности расположения осей отверстий на этапе настройки, а также его минимальный запас для выполнения следующего этапа формообразования. При формировании и расчёте размерных цепей необходимо учитывать характер перемещений подвижных узлов станка в заданные координаты в зависимости от вида устройства ЧПУ, погрешности позиционирования, определяемые точностью металлорежущего станка с ЧПУ и др. Разработанная методика моделирования и оценки точности расположения осей отверстий на этапе настройки станков с ЧПУ подробно рассмотрена в работах [1, 2].

Так как на этапе формообразования отверстий режущий инструмент взаимодействует с обрабатываемой деталью, то к основным факторам, приводящим к погрешностям формообразования, следует отнести: переменность припуска; геометрию режущей части инструмента (неточность его заточки); жесткость элементов технологической системы; осевые биения лезвий режущего инструмента и шпинделя металлорежущего станка. Поэтому на этапе формообразования необходимо рассмотреть моделирование всего комплекса параметров точности: точности диаметрального размера, формы, расположения осей отверстий (с учетом погрешности этапа настройки) и шероховатости поверхности. Однако, из-за специфики обеспечения параметров шероховатости, последние при моделировании не учитываются. Поскольку формообразование отверстий на станках с ЧПУ производится различными типами концевых мерных инструментов с использованием комплектов вспомогательных инструментов для их закрепления, то разработана система частных моделей формообразования для отдельных переходов, основанная на общем научно-методическом подходе к

моделированию. Известно, что для мерных инструментов основным условием обеспечения точности является копирование своего размера на обрабатываемое отверстие, поэтому моделирование при формообразовании рассмотрено на статическом уровне с использованием уравнений с запаздывающим аргументом, в наибольшей степени учитывающим это условие.

Таким образом, для моделирования точности на этапе формообразования, с учетом выбранного подхода, разработана система частных моделей отдельных переходов черновой, получистовой и чистовой обработки отверстий концевыми мерными инструментами типа двухлезвийных сверл, многолезвийных зенкеров и разверток, в том числе, в виде уравнений с запаздывающим аргументом [3]. Влияние элементов технологической системы, а именно, вспомогательных инструментов и элементов для направления на достижение точности определяется с учетом их радиальной (изгибной) жесткости и конструктивных особенностей. Контактной и крутильной жесткостью элементов технологической системы при моделировании пренебрегаем. Оценка жесткости элементов технологической системы, которые могут быть использованы в моделях точности этапа формообразования отверстий концевыми мерными инструментами на станках с ЧПУ, выполнена в работе [4].

Оценка нормируемых параметров точности отверстий при компьютерном моделировании на этапе формообразования приведена в работе [5]. Моделирование точности на этапе формообразования заданным концевым мерным инструментом, с учётом точности расположения оси отверстия на этапе настройки, позволяет оценить конечные параметры точности $ПТ_i^K$ после обработки на i -м переходе. Для расчёта параметров точности при многопереходной обработке отверстий необходимо соблюдать условие, при котором полученные конечные параметры точности на i -м переходе $ПТ_i^K$ задают или определяют начальные параметры точности $ПТ_{i+1}^H$ следующего $(i+1)$ перехода, т.е. $ПТ_i^K = ПТ_{i+1}^H$. Это условие объясняется принципом наследования точности при многопереходной обработке поверхностей деталей на станках.

Таким образом, предлагаемый подход к моделированию, с выделением этапов настройки и формообразования, позволит более обоснованно и достоверно оценивать точность обработки отверстий на станках с ЧПУ.

Библиографический список

1. Пестов, С.П. Моделирование точности расположения осей отверстий на станках с ЧПУ при настройке / С.П. Пестов, П.Г. Мазеин // Известия Челябинского научного центра УрО РАН. - 2003. - № 2 (19). - С. 37–41.

2. Пестов, С.П. Точность настройки станков с ЧПУ на обработку отверстий / С.П. Пестов, П.Г. Мазеин // СТИН. - 2006. - № 11. - С. 5–9.

3. Пестов, С.П. Система математических моделей формообразования отверстий концевыми мерными инструментами на станках с ЧПУ / С.П. Пестов, О.О. Беляев, П.Г. Мазеин // Известия Челябинского научного центра УрО РАН. - 2003. - № 4 (21). - С. 83–87.

4. Пестов, С.П. Оценка жесткости элементов технологической системы для обработки отверстий / С.П. Пестов // Наука ЮУрГУ: материалы 65-й научной конференции. Секции технических наук: в 2 т. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ. 2013. – Т. 2. – С. 325-328.

5. Пестов, С.П. Оценка нормируемых параметров точности отверстий при компьютерном моделировании на этапе формообразования / С.П. Пестов // Информатизация и автоматизация в машиностроении: тематический сб. науч. тр. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – С. 66-70.