

2. ППД и последующая лазерная термообработка нанесенных покрытий МЭУ позволяет уменьшить среднюю их толщину до 5%, снизить их объемную пористость в 1,5 – 1,7 раза, среднюю шероховатость по параметру Ra до 18% и среднюю разнотолщинность до 1,2 раза.

Список использованной литературы

1. Акулович, Л. М. Термомеханическое упрочнение деталей в электромагнитном поле / Л. М. Акулович. – Полоцк : ПГУ, 1999. – 240 с.
2. Акулович, Л. М. Магнитно-электрическое упрочнение поверхностей деталей сельскохозяйственной техники / Л. М. Акулович, А. В. Миранович. – Минск : БГАТУ, 2016. – 236 с.
3. Девойно, О. Г. Модифицирование поверхности покрытий с использованием лазерного нагрева / О. Г. Девойно, А. С. Калиниченко, М. А. Кардаполова. – Минск : БНТУ, 2013. – 228 с.

Summary. Laser heat treatment of coatings obtained by magnetic-electric hardening, as well as magnetic-electric hardening and surface plastic deformation, ensures a reduction in the microhardness of the surface layer by approximately 20%; surface plastic deformation and subsequent laser heat treatment of the applied coatings by magnetic-electric hardening allows to reduce their average thickness to 5%, reduce their volume porosity by 1.5 - 1.7 times, average roughness by the parameter Ra to 18% and average thickness variation to 1.2 times.

УДК 621.91:67.05

Акулович Л.М., доктор технических наук, профессор;
Стрига М.В., студент

*Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный
технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

МЕТОДЫ АППРОКСИМАЦИИ ТРАЕКТОРИИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА НА СТАНКАХ С ЧПУ

Аннотация. Рассматриваются методы аппроксимации заданной траектории перемещения инструмента элементарными перемещениями вдоль координатных осей X и Z для токарных станков с ЧПУ. Показаны примеры траекторий движения вершины инструмента при обработке конических и сферических поверхностей.

Abstract. Methods for approximating a given tool path by elementary displacements along the X and Z coordinate axes for CNC lathes are considered. Examples of tool tip movement trajectories for processing conical and spherical surfaces are shown.

Ключевые слова: аппроксимация, элементарное перемещение, режущий инструмент, опорные точки, система ЧПУ.

Key words: approximation, elementary movement, cutting tool, reference points, CNC system.

Любую траекторию перемещения, которую должен пройти режущий инструмент при обработке на станках с числовым программным управлением (ЧПУ), можно разложить на элементарные перемещения, состоящие из отрезков прямых линий и дуг окружностей. В управляющих программах (УП) описывают движение определенной точки режущего инструмента – его центра [1]. Поверхности деталей, обрабатываемые на станках с ЧПУ, отличаются разнообразной и сложной формой, часто состоящей из конических, сферических, параболических, винтовых, сплайновых и других поверхностей. При разработке УП траекторию движения инструмента представляют, как состоящей из отдельных, переходящих друг в друга участков [2]. Этими участками могут быть прямые линии, дуги окружностей, кривые второго. Точки пересечения этих участков называются опорными, или узловыми, точками. Как правило, в УП содержатся координаты именно опорных точек.

Системы ЧПУ станками оснащены специальным электронным блоком – интерполятором, который производит автоматический расчет координат траектории движения инструмента между опорными точками, что позволяет управлять перемещением режущего инструмента по прямой линии или по окружности. То есть каждая поверхность представляется в виде сочетания элементарных отрезков прямых линий и круговых дуг.

Если на станке с ЧПУ необходимо выполнить прямолинейное перемещение инструмента (линейную интерполяцию) вдоль одной из осей координат станка, то такое перемещение система ЧПУ исполняет включением привода подач по данной оси, а по другим осям привод подач не включается. Если же необходимо выполнить круговую интерполяцию или линейную интерполяцию в направлении, непараллельном какой-либо оси координат, то механизм работы системы ЧПУ существенно усложняется. В этом случае система ЧПУ реализует перемещение инструмента при помощи аппроксимации. Под аппроксимацией в теории ЧПУ понимается замена одной функциональной зависимости на другую более простую функцию с определенной степенью точности. В данном случае аппроксимация сводится к тому, что вместо одного прямолинейного перемещения или перемещения по дуге от исходной точки до точки с заданными координатами система ЧПУ задает инструменту перемещения по ломаной линии, элементарные отрезки которой параллельны координатным осям.

Рассмотрим аппроксимацию траекторий перемещения инструмента при токарной обработке на станках с ЧПУ конических и сферических поверхностей (рис. 1 и 2).

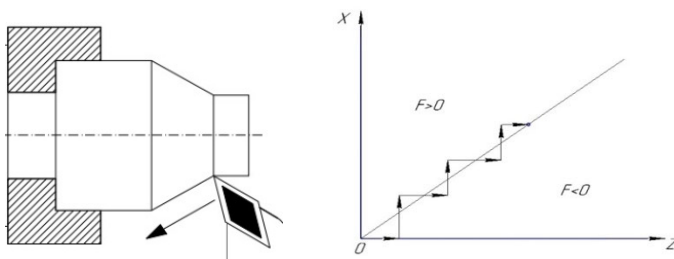


Рисунок 1 – Аппроксимация прямолинейного перемещения режущего инструмента (линейная интерполяция)

Вариант прямолинейного перемещения режущего инструмента и его аппроксимация системой ЧПУ станка (линейная интерполяция) показан на рис. 1. При аппроксимации траекторий перемещения режущего инструмента ломаной линией опорные точки должны отклоняться от заданного контура – как можно меньше. Однако уменьшение таких отклонений приводит к неизбежному увеличению количества опорных точек и, соответственно, количества кадров в самой УП. Поэтому на практике количество опорных точек принимается минимально допустимой при соблюдении условия, чтобы максимальное отклонение координат каждой опорной точки от заданного контура не превышало допустимую величину F (рис. 1). В частности, величину F принимают в интервале $(0,1 \div 0,3)\Delta$, где Δ – допуск на заданный размер.

На рисунке 2 показан вариант перемещения режущего инструмента по дуге окружности и аппроксимация данного перемещения системой ЧПУ станка (круговая интерполяция).

При круговой интерполяции при перемещении инструмента от точки a до точки b показаны траектории, заданные управляющей программой. Отрезками ΔX и ΔZ показана замена заданного перемещения по окружности на элементарные перемещения соответственно вдоль координатных осей X и Z .

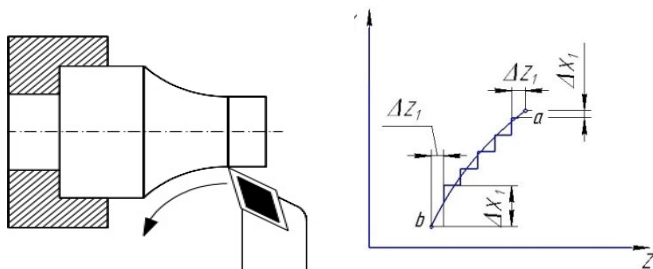


Рисунок 2 – Аппроксимация перемещения режущего инструмента по дуге (круговая интерполяция)

Элементарные перемещения не всегда одинаковы по своей величине в процессе одного заданного перемещения. Система ЧПУ сама определяет величину каждого элементарного перемещения, исходя из двух условий:

- отклонение траектории элементарного перемещения от траектории заданного перемещения не должно превышать установленную программой величину аппроксимации (общепринятым считается погрешность аппроксимации равная 15–25% всего поля допуска на неточность обработки данного размера);

- элементарные перемещения вдоль разных координатных осей должны быть так согласованы между собой, чтобы они одновременно начались в исходной точке и прекратились так же одновременно при достижении конечной точки заданного перемещения.

Наибольшие преимущества при токарной обработке имеет круговая интерполяция участками дуг окружностей, которая может быть использована как для аппроксимации сферических обрабатываемых поверхностей, так и других криволинейных контуров (параболы, спирали Архимеда и т.п.).

Список использованной литературы

1. Разработка управляющей программы для станков с ЧПУ: учебно-методическое пособие / М. В. Морщилов [и др.]. – М.: МАДИ, 2017. – 48 с.

2. Пайвин, А. С. Основы программирования станков с ЧПУ / А. С. Пайвин, О. А. Чикова // Уч. пособие для студентов направления «050100.62 – Педагогическое образование». – Екатеринбург : Урал. гос. пед. ун-т, 2015. – 102с.

Summary. The greatest advantages in turning are provided by circular interpolation by sections of circular arcs, which can be used both for approximating spherical machined surfaces and other curvilinear contours (parabolas, Archimedes spirals, etc.).

УДК 621.833

Акулович Л.М., доктор технических наук, профессор;

Близнюк Н.М., студент

Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАНКОВ С ЧПУ

Аннотация. На основе анализа современных технологий изготовления зубчатых колес предложен вариант технологического маршрута с использованием станков с ЧПУ.

Abstract. Based on the analysis of modern technologies for the manufacture of gears, a variant of the technological route using CNC machines is proposed.

Ключевые слова: профиль зуба, зубошлифование, хон, фрезерование, термообработка, червячная фреза