

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

Key words: tooth profile, gear grinding, hone, milling, heat treatment, hobbing cutter.

Формирование профиля зубьев в современных технологиях изготовления зубчатых колес осуществляется на станках с ЧПУ методом обкатки, что обеспечивает точность профиля зубчатого венца, соответствующая не менее 7-й степени по ГОСТ 1643-81. Наибольшее применение в настоящее время получила обработка зубчатого венца фрезерованием червячными фрезами.

Тенденции современного зубофрезерования:

- основной операцией, обеспечивающей высокое качество, является зубофрезерование;
- увеличение типоразмеров зубчатых колес требует гибкости технологии;
- оснащение станков с ЧПУ встроенными системами контроля за процессом нарезания зубьев;
- наряду с «мокрым» фрезерованием получает широкое применение «сухое» фрезерование на высоких скоростях;
- автоматизация технологических операций;
- применение многослойных покрытий TiAlN на зуборежущих инструментах.

В зависимости от уровня оснащенности для зубофрезерных станков с ЧПУ используют 5 и более управляемых осей.

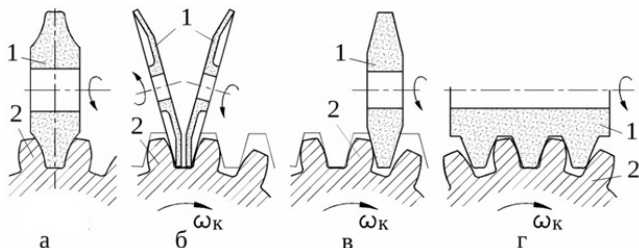
Методы шлифования впадин зубьев цилиндрических колес. Зубошлифование производят в основном при изготовлении колес повышенной точности, термически обработанных. Различают два метода шлифования: копирования и обкатки. Среди них превалирует обкатка профиля впадин зубьев.

При шлифовании методом копирования шлифовальный круг повторяет профиль впадины обрабатываемого зубчатого колеса (рис. 1,а). Метод копирования отличается простой кинематикой движений, однако требует частой правки рабочего профиля по шаблону (копиру), обеспечивает точность 7-й степени и шероховатость поверхности по параметру $Ra = 1,25$ мкм. Метод копирования используют, в основном, для обработки прямозубых колес.

При шлифовании методом обкатки боковые поверхности шлифовального круга воспроизводят зуб рейки в зацеплении с обрабатываемым колесом (рис.1, б, в, г).

Наиболее производительными и точными является шлифование червячными абразивными кругами (рис.1, г). Величина припуска на сторону зуба под шлифование составляет для модулей: до 2 мм – 0,05...0,15 мм; 2...5 мм – 0,15...0,20 мм; свыше 5 мм – 0,2...0,3 мм. Зубошлифование позволяет обеспечить высокую точность зубчатого

венца, устранить погрешности предварительной и термической обработки. Однако шлифование ухудшает качество поверхностного слоя и его физико-механические свойства. Выделяемое при шлифовании тепло вызывает структурные изменения в поверхностном слое в виде прижогов и внутренних растягивающих напряжений.



а – модульными абразивными кругами; б – тарельчатыми абразивными кругами; в – абразивными кругами с трапециодальным профилем; г – червячными абразивными кругами; 1 – абразивный круг, 2 – зубчатое колесо

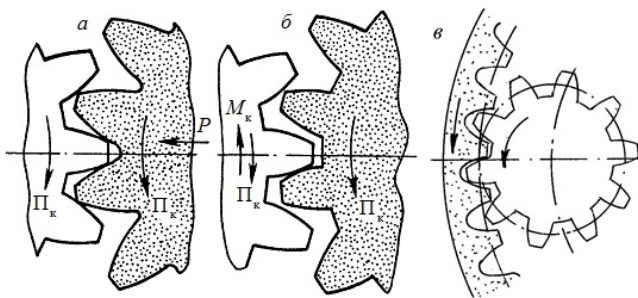
Рисунок 1 – Методы шлифования профиля зубьев цилиндрических колес

Зубошлифовальные станки с ЧПУ имеют обычно 6 основных управляемых осей и несколько дополнительных осей в зависимости от уровня механизации и наличия дополнительных функций.

Зубохонингование. Используется для доводки зубьев термически обработанных колес. Зубохонингование представляет собой процесс окончательной доводки зубьев цилиндрических колес с помощью зубчатого алмазного или абразивного колеса – хона. Алмазный хон представляет собой зубчатое колесо, на профильную поверхность зубьев которого нанесен гальваническим методом алмазный слой. Абразивный хон изготавливается литьем в пресс-форму смеси белого электрокорунда с эпоксидными акриловыми и полиуретановыми связками. Жесткими являются эпоксидные и акриловые связки, упругими – полиуретановые. Жесткие связки обеспечивают равномерный сьем припуска и более точную обработку. Эластичные связки способствуют ускорению процесса и некоторому повышению производительности. В качестве СОЖ используется сульфорезол или веретенное масло.

Различают схемы зубохонингования:

- при двухпрофильном зацеплении зубчатого хона и радиальной нагрузке "в распор" (рис. 2, а);
- при однопрофильном зацеплении зубчатого хона и тормозном моменте на колесе (рис. 2, б);
- «коронарное» зубохонингование при использовании в качестве инструмента "охватывающего" хона, представляющего собой колесо с внутренним зацеплением (рис. 2, в).



a – двухпрофильное зацепление; *б* – однопрофильное зацепление;
в – «коронарное» зубохонингование

Рисунок 2 – Схемы зубохонингования при различном зацеплении зубьев хона

В процессе зубохонингования обрабатываемое колесо и хон устанавливаются на скрещивающихся осях. При этом происходят движения:

- вращательное хона и колеса;
- осевое возвратно-поступательное хона или колеса;
- осциллирующее возвратно-поступательное с целью повышения производительности.

Припуск под хонингование зубьев обычно составляет не более 0,02...0,03 мм на сторону зуба.

Зубохонингование позволяет повысить качество пятна контакта и плавность передачи, уменьшить шероховатость рабочих поверхностей зуба и уровень шума передачи. Благодаря высокой производительности процесс зубохонингования получил широкое распространение в качестве отделочной операции при массовом производстве шестерен.

На основе проведенного анализа предложен современный вариант технологического маршрута изготовления зубчатых колес, основой которого является использование станков с ЧПУ:

- токарная обработка на станках с ЧПУ;
- зубофрезерование на станках с ЧПУ с базированием по центровым отверстиям;
- термообработка;
- зубохонингованием алмазным хонем.

Список использованной литературы

1. Антонюк, В. Е. Технология производства и методы обеспечения качества зубчатых колес и передач. Учебное пособие. / В. Е. Антонюк, М. М. Кане, В. Е. Старжинский [и др.] – Мн.: УП «Технопринт». 2003. – 766 с.
2. Калашников, А. С. Технология изготовления зубчатых колес. / А. С. Калашников. – М.: Машиностроение. 2004. – 479 с.

Summary. Based on the analysis, a modern version of the technological route for manufacturing gear wheels is proposed, the basis of which is the use of CNC machines:

- turning on CNC machines;
- gear milling on CNC machines with basing on center holes;
- heat treatment;
- gear honing with a diamond hone.

УДК 621.791

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

Ковалевич Е.В., студент

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

МАГНИТНО-ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ УПРОЧНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Аннотация: Описана технология нанесения покрытий на поверхности деталей, износ которых не превышает 0,3 мм, с использованием энергии электромагнитного поля. Приведен пример применения технологии при ремонте сельскохозяйственной техники.

Abstract. Describes the application of coatings on the surfaces of parts, the wear of which does not exceed 0.3 mm, using the energy of an electromagnetic field. An example of the application of the technology in the repair of agricultural machinery is given.

Ключевые слова: покрытие, магнитно-электрическое упрочнение, магнитном поле, ферромагнитный порошок, полюсный наконечник.

Key words: coating, magnetic-electric hardening, magnetic field, ferromagnetic powder, pole piece.

Введение. Большинство деталей сельскохозяйственной техники (почвообрабатывающие, посевные, кормо- и зерноуборочные машины, навесные и прицепные механизмы) работают в условиях коррозионно-абразивного изнашивания, а также воспринимают ударные нагрузки. С повышением скоростных и силовых параметров машин и механизмов интенсивность протекания процессов разрушения материала деталей значительно возросла.

Исследованиями ремонтного фонда автотракторной техники установлено, что из изношенных деталей подлежат выбраковке не более 30 %, а поверхности остальных деталей можно восстановить.

Основным методом восстановления изношенных поверхностей является нанесение покрытий. Сочетание различных материалов покрытий и технологий их нанесения позволяет обеспечивать комплекс физико-механических характеристик поверхностных слоев, соответствующий эксплуатационным требованиям в конкретных условиях работы. Это