



Рисунок 4 – Фотография валов коробки перемены передач трактора К-701:  
 1 – ведущего, 2 – грузового, 3 – привода насоса, 4 – промежуточного

#### Список использованных источников

1. Акулович, Л.М. Термомеханическое упрочнение деталей в электромагнитном поле. – 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.

УДК 621.833

### СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАНКОВ С ЧПУ

*Студенты – Шишков В.В., 40 тс, 3 курс, ФТС;  
 Курило Д.Н., 40 тс, 3 курс, ФТС*

*Научный  
 руководитель – Акулович Л.М., д.т.н., профессор  
 УО «Белорусский государственный аграрный технический  
 университет», г. Минск, Республика Беларусь*

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

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

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.

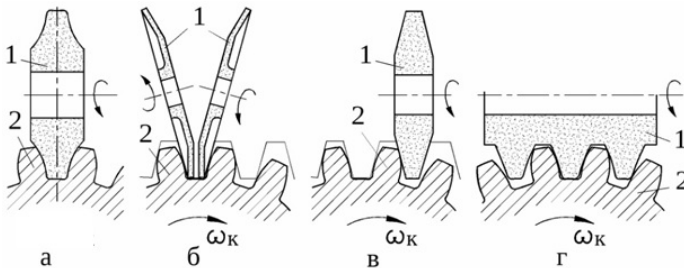
*Тенденции современного зубофрезерования:*

- 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 оснащённости 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.



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

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

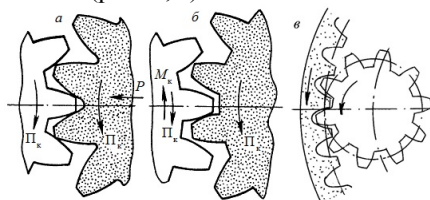
Наиболее производительными и точными является шлифование червячными абразивными кругами (рис.1, г). Величина припуска на сторону зуба под шлифование составляет для модулей: до 2 мм – 0,05...0,15 мм; 2...5 мм – 0,15...0,20 мм; свыше 5 мм – 0,2...0,3 мм. Зубошлифование позволяет обеспечить высокую точность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

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 съем 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).



а – двухпрофильное зацепление; б – однопрофильное зацепление;

в – «коронарное» зубохонингование

Рисунок 2 – Схемы зубохонингования при различном зацеплении зубьев хона

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.

В процессе зубохонингования обрабатываемое колесо и хон

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 использованных источников**

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. А.С. Калашников А.С. Технология изготовления зубчатых колес. / А.С. Калашников. – М.: Машиностроение. 2004. – 479 с.

**УДК 621.74**

## **ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЛИТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*Студент – Парфёнов А.И., 41 тс, 2 курс, ФТС*

*Научный*

*руководитель – Андрушевич А.А., к.т.н., доцент*

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

**Аннотация.** Изучены особенности технологии получения композиционных материалов с макронеоднородной структурой методами литья.