

УДК 658

## ПРОГРЕССИВНЫЕ МЕТОДЫ ЗУБООБРАБОТКИ В УСЛОВИЯХ ГПС.

Мезенцев Н.С., студент гр. МРБ-191, IV курс

Научный руководитель: Трусов А.Н.

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф.  
Горбачева г. Кемерово

Обработка зубчатых колес до нарезания зубьев ничем не различаются от обработки прочих деталей: втулок, дисков, шкивов, валов и т. Всеобщей технологической операцией всех зубчатых колес является обработка зубчатого венца.

Нарезать зубья возможно двумя главными методами: копированием и обката. прием копирования состоит в том, что все впадины между зубьями на изделии обрабатываются с помощью инструмента. Инструмент имеет форму, которая абсолютно схожа профилю выемки колёса. В качестве инструмента применяют пальцевые или фасонные дисковые фрезы. Обработка выполняется на фрезерном станке с применением делительных головок.

Ход получения зуба точного профиля при обработке всех зубчатых колёс с необходимым числом зубьев и модулей, предполагает применение особой фрезы. Этот процесс требует определенного числа фрез, в связи с этим используют комплекты из восьми фасонных фрез дискового типа для каждого блока зубьев. Для обработки более точного класса применяют набор, состоящий из 26 или 15 фрез.



Все фрезы набора применяются для производства зубчатого колёса с определённым числом зубьев в заданных пределах. Размеры фрезы рассчитывают по минимальному количеству зубьев интервала, в связи с этим при имеющемся большем числе зубьев, фреза срежет остаточный материал. При расчёте по среднему количеству зубьев имеющегося интервала, происходит

заклинивание колес, так как меньший диаметр зубьев получится более толстого диаметра.

### Нарезание зубчатых колес: метод копирования.

Нарезание зубчатых колес методом копирования используют главным образом в индивидуальном и мелкосерийном производстве, а еще при ремонтных работах. Несовершенствами данного метода являются: низкая точность обработки зуба и малая производительность; для получения теоретически верного профиля необходимо иметь для каждого установленного количества зубьев фрезу определенного профиля.

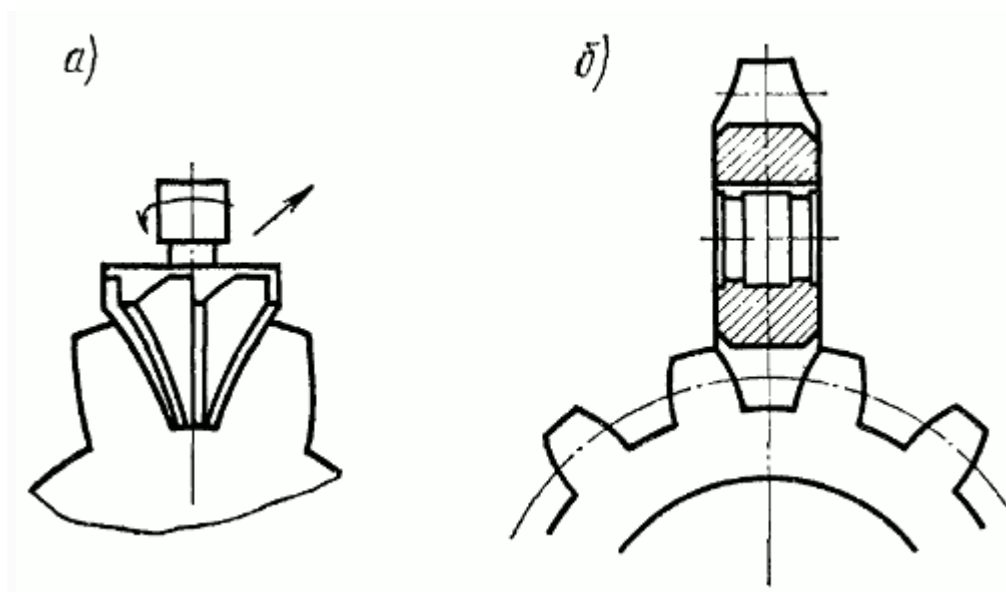


Рисунок 1.

На рисунке 1 приведены схемы нарезания зубчатых колес способом копирования модульными дисковыми а) и пальцевыми (б) фрезами. Данный метод приходит неточным и малопродуктивным.

Более точными и производительными методами обработки зубчатых колес являются методы обкатки при зубофрезеровании зубьев червячными фрезами или зубодолблени.

Особенно широкое использование в зубонарезании обрел метод нарезания червячными фрезами и долбяками. Этот метод в отличие от метода копирования более точен и производительнее.

## Нарезания червячными фрезами.

Образование зубьев при фрезеровании червячной фрезой осуществляется в результате взаимного зацепления червячной фрезы<sup>1</sup> (червяка) с нарезаемой заготовкой<sup>2</sup> (зубчатым колесом, *рис. 2*).

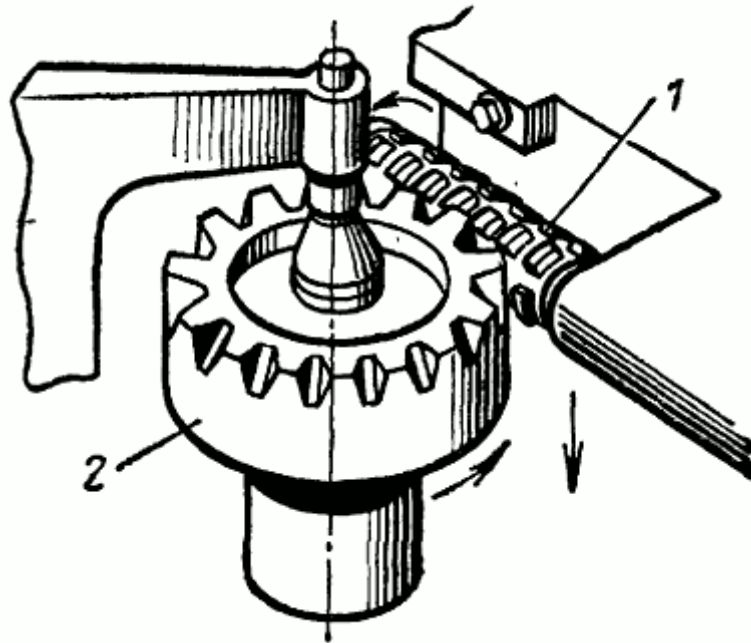


Рисунок 2 .

Режимы резания при фрезеровании червячной фрезой выбирают исходя из стойкости и качества обрабатываемого материала по нормативным справочникам. Для получения зубчатых колес с учетом требуемой точности обработки необходимо выбранные режимы главным образом подачу, проверить по выведенным формулам с учетом жесткости системы СПИД. Скорость резания при нарезании червячной фрезой, изготовленной из специальной быстрорежущей вольфрамо-кобальтовой стали марок P6K5, P6M5K5, P9K10, P9MUK8 и др., в настоящее время достигает 120 м/мин, а подача  $s$  — 3 мм на оборот заготовки.

Для повышения производительности фрезерования производят сборными многозаходными червячными фрезами; предварительное прорезание впадин на специальных скоростных станках с последующей чистовой или получистовой обработкой зубьев колес на станках повышенной точности, радиальном врезании и т. д. Применение новых конструкций сборных многозаходных фрез взамен однозаходных позволяет увеличить производительность работы в 2,5 раза.

Одним из существенных недостатков червячных фрез является неравномерность затупления зубьев фрезы и неравномерность их загрузки.

При обычном фрезеровании червячной фрезой почти весь объем металла снимается 3—2-мя первыми зубьями фрезы, что ограничивает величину осевой подачи до  $s = 3$  мм/об.

Если стальные зубья снимают стружку такой же толщины, какой снимают первые зубья, то величину подачи можно резко увеличить.

### Нарезания с использованием долбяков.

С помощью долбяков осуществляется нарезание прямозубых и косозубых цилиндрических колес наружного и внутреннего зацепления. При нарезании зубчатых колес с прямыми зубьями долбяк и заготовка медленно вращаются вокруг своей оси, так же как и всякая пара зубчатых колес, находящихся в зацеплении.

Долбяк кроме вращательного движения вокруг своей оси получает возвратно-поступательное движение вниз и вверх (рис. 3). В результате этих движений на заготовке образуются зубья такого же профиля, как зубья долбяка.

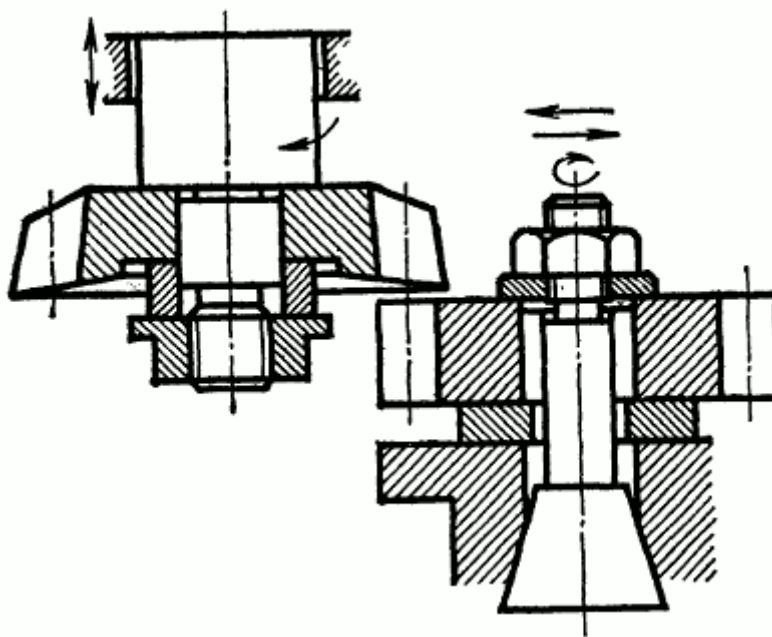


Рисунок 3 .

Для устранения трения задней поверхности зубьев долбяка о заготовку при обратном ходе заготовка в конце каждого хода отходит от долбяка и вновь подается на долбяк.

При нарезании косозубых колес долбяк кроме возвратно-поступательного движения вдоль оси заготовки совершает дополнительное винтовое движение.

Преимуществом метода обработки долбя ком кроме возможности нарезания колес внутреннего зацепления и блочных колес является простота и удобство обслуживания станка, более высокая точность обработки.

Поэтому при обработке точных зубчатых колес част, предварительное нарезание зубьев с припуском 0,8—0,6 мм на толщину зуба производят на зубофрезерных станках, а окончательное на зубодолбежных.

### **Зуботочение – современный метод обработки зубчатых колес.**

Возникают новые прогрессивные технологии обработки. К одним из них относится прием зуботочения. На протяжении многих десятков лет интенсивные поиски процесса нарезания незакалённых зубьев цилиндрических колёс с внутренним зацеплением одинакового по производительности и техническим способностям зубофрезерованию, которое не применяется для внутренней обработки, не дали положительных результатов. следовательно улучшенный компанией KLINGELBERG (Германия) известный больше ста лет процесс зуботочения является актуальной разработкой.

Зуботочением именуют прием нарезания зубьев цилиндрических колёс с внутренним и реже с внешним зацеплением с помощью обкатного инструмента типа круглого зуборезного долбяка с режущими кромками на торце. В основу зуботочения положена винтовая передача, которую образует зубчатое колесо<sup>1</sup> и долбяк<sup>2</sup> (рис. 4, а). вследствие углам наклона  $\beta_2$  и долбяка  $\beta_0$  образуется угол скрещивания, который при обработке равен  $\Sigma = \pm 26 \dots 35^\circ$ .

В процессе резания при взаимном круговом ходе инструмента  $v_0$  и заготовки  $v_2$ , а также под действием осевого процесса подачи инструмента  $DS_0$  каждая режущая кромка долбяка контактирует боковыми поверхностями зубьев в всевозможных точках по высоте и длине. Так как связь инструмента и заготовки носит кратковременный характер, то процесс резания проходит с невысоким теплообразованием при высоких угловых скоростях.

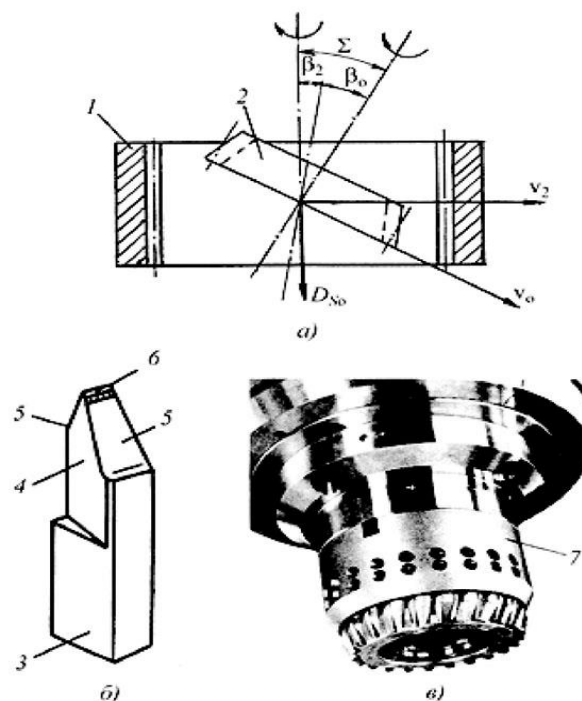


Рисунок 4.

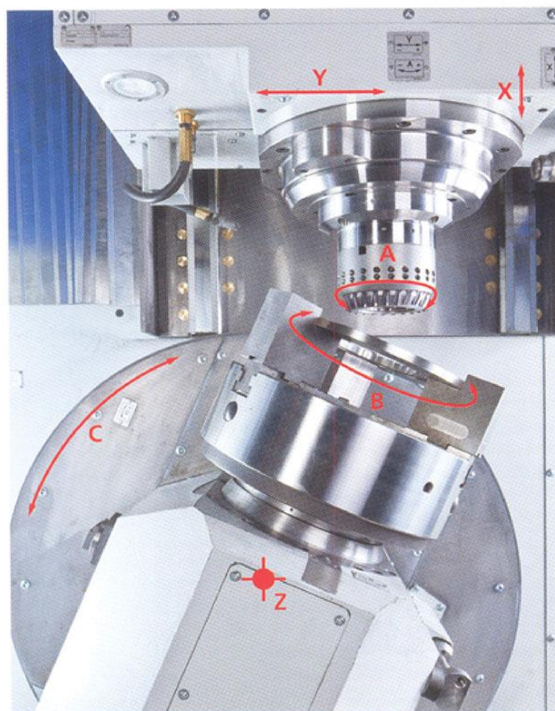
При зуботочении передний угол может изменяться на входящей и выходящей стороне зуба долбяка от  $0$  до  $50^\circ$ , что приводит к увеличению составляющих силы резания и требует больших задних углов по вершине и на боковой режущей кромки ( $\beta_b = 12...15^\circ$ ), а также специальной заточки инструмента. При обработке инструментами из быстрорежущей стали со скоростью резания  $50...30$  м/мин и осевой подачей  $2,0...0,5$  мм/оборот обеспечивается высокая производительность подобная производительности при зубофрезеровании. Однако низкая точность профиля зубьев и окружных шагов (8–9я степени точности по ГОСТ81-1643 ) способствовали ограниченному применению этого метода в промышленности.

Для улучшения условий резания был использован режущий инструмент с твёрдосплавными острозаточенными резцами 3 подобно используемым при нарезании конических колёс с криволинейными зубьями (рис. 4, б). У таких резцов фронтальный угол 4 и задние углы по вершине 6 и на боковых режущих кромках 5 могут браться в широком диапазоне с учётом оптимизации хода стружкообразования. После профилирования, заточки и нанесения износостойкого покрытия (или покрытий) резцы ставят в резцовую головку 7 с высокой точностью (радиальное биение не более  $0,0025$  мм) и жёстко фиксируют двумя винтами (рис. 4, в).

Зубонарезной станок мод. OERLIKON C29 (Швейцария) с верхним месторасположением инструментального шпинделя, имеющий высокую постоянную и динамическую жесткость, микронную точность процесса главных узлов разом по нескольким линейным и круговым осям и достаточный отвод из зоны резания потока стружки, дал дополнительную надёжность при выполнении



процесса зуботочения колёс с максимальными значениями: модуль 5 мм, внешний диаметр 280 мм (рис. 5).



**Рисунок 5 .**

Созданный процесс позволяет выполнять зуботочение без подачи смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) со скоростью резания 250...150 м/мин при частоте вращения инструментального шпинделя до 2000 об/мин. Сфера использования этого метода довольно широка:

- Зубчатые колёса планетарных приспособлений и гидромеханических коробок передач с эвольвентным внутренним зацеплением;
- Внутренние шлицевые зацепления;
- Зубчатые колёса с внешним эвольвентным зацеплением с близко размещенными зубчатыми венцами, ограничивающими вход и выход зубьев червячной фрезы.

### **Заключение.**

С целью увеличения рабочих параметров зубчатых передач разрабатываются современные технологии и оборудование для обработки зубчатых колёс:

1. Увеличивают качество заготовок зубчатых колёс под операции зубообработки, при этом достаточное внимание уделяют подготовке стандартных поверхностей;

2. Операции зубообработки создают с внедрением современных конструкций режущего инструмента из материалов повышенной прочности с применением СОЖ и без СОЖ;

3. Широко используют операции зубошлифования, которые гарантируют высокие качественные показатели по точности (3–5 степени по ГОСТ 1643-81) и шероховатости плоскости ( $Ra$  0,3–1,6 мкм) зубьев.

#### **Список литературы:**

1. Проектирование операций нарезания прямозубых цилиндрических зубчатых колес. Ю.Н. Иванкин. – Пермь: Изд-во Пермь. Гос. Техн. Ун-та, 2008. – 70 с.

2. Механическая обработка зубчатых колес: учебное пособие/ В.И. Жиганов, Ю.А. Сахно, В.В. Демидов, Е.Ю. Сахно. – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – 135 с.