

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОТДЕЛОЧНОЙ И УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС НА ОСНОВЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ СВОЙСТВ ЗУБЬЕВ

Лахин А.М., Михайлов А.Н., Шахова И.Ю. (ДонНТУ, г. Донецк, Украина)
Тел./Факс: +38(062)3050104; E-mail: tm@mech.dgtu.donetsk.ua

Abstract: *In work the way of gears wheels manufacturing based on functional-oriented approach was proposed . For working elements of gear, the variants for the options of ensuring required properties to operating conditions were proposed.*

Key words: *manufacturing, gear, functional-oriented approach.*

1. Введение.

Зубчатые колеса являются одними из наиболее широко используемых деталей передаточных механизмов, коробок скоростей, механизмов приводов, насосов и прочего оборудования, элементы которого совершают вращательное движение. Для надежной и долговечной работы зубчатых колес к ним предъявляется ряд требований по точности основных параметров зубчатого зацепления, нормируемых степенью точности по четырем показателям [1]. При этом физико-механические свойства рабочих элементов зубьев назначаются укрупненно, и чаще всего достигаются термической обработкой всего зубчатого колеса.

Изготовление зубчатых колес представляет собой сложный многоэтапный технологический процесс, наиболее длительная и трудоемкая часть которого составляет обработка зубьев. Однако существующие технологии не позволяют обеспечивать современные, все возрастающие требования к эксплуатационным параметрам зубчатых колес, особенно в условиях переменного действия эксплуатационных функций на рабочие элементы, а именно: скоростей относительного скольжения рабочих профилей зубьев, удельных нагрузок в зонах кромочного контакта, контактных напряжений в зонах взаимодействия рабочих поверхностей и пр.

Основное направление повышения качества зубчатых колес направлено на повышении точности и качества рабочих поверхностей зубьев, при этом не учитывается функциональная направленность технологических воздействий на обеспечения требуемых свойств конкретных элементов.

Обеспечение требуемых свойства элементов зубчатых колес в соответствии с условиями их эксплуатации, возможно за счет применения функционально-ориентированного подхода [2], основанного на полной адаптации изделия в процессе его изготовления к условиям эксплуатации в машине. Применение данного подхода позволяет изготавливать зубчатые колеса рабочих элементы которых имеют наиболее высокую износостойкость и равномерность износа по высоте зуба в течении всего срока эксплуатации.

Цель данной работы - повышение эксплуатационных свойств зубчатых колес за счет применения функционально-ориентированного подхода в структуре операций технологического процесса.

В соответствии с поставленной целью необходимо решить следующие задачи: разработать классификацию элементов зубчатых колес по функциональному назначению, разработать схемы технологического воздействия на базе принципов функционально-ориентированных технологий, предложить варианты реализации разработанных схем известными технологическими методами.

2. Основное содержание и результаты работы.

Согласно особенностям функционально-ориентированных технологий, каждое изделие может быть разделено по уровням глубины технологий, где каждая часть

изделия может быть представлена совокупностью элементарных зон, каждая из которых представит собой простые плоские или пространственные геометрические фигуры (точки, линии, поверхности, поверхностные слои и объемные зоны). Схемы технологического воздействия для зон функциональных элементов подробно рассмотрены в работе [2].

Классификация зубчатых колес на элементы по функциональному назначению рассмотрено в работе [3]. При этом любое зубчатое колесо может быть представлено совокупностью исполнительных (рабочих и базирующих), связующих, вспомогательных и дополнительных функциональных элементов (рис.1).

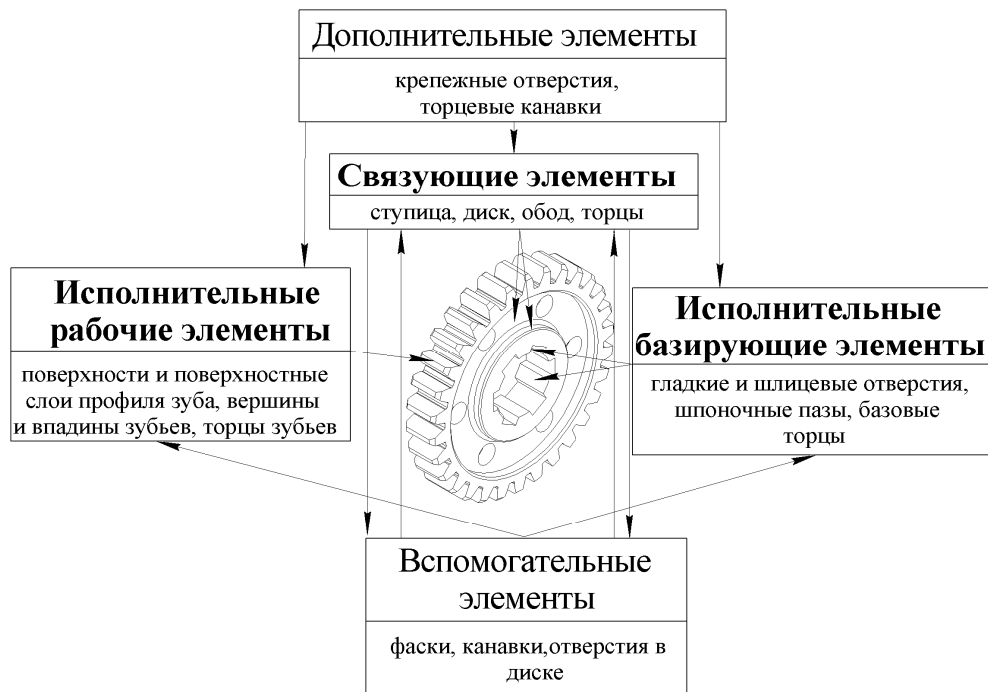


Рис. 1 Классификация элементов зубчатых колес по функциональному назначению

В рассмотренной классификации основными элементами, определяющими работоспособность зубчатой передачи, являются исполнительные рабочие элементы, а именно – элементы зубчатого венца, передающие крутящий момент сопряженному звену. Исполнительные рабочие элементы зубчатых колес состоят из следующих зон: объема тела зуба, эвольвентной поверхности и поверхностного слоя профиля зуба, объемные линии на пересечении эвольвентной поверхности и поверхностей вершины и профиля зуба, объемный участок у основания зуба, скругленная поверхность и поверхностный слой у торца зуба и объемный элемент у торца зуба.

Основной причиной выхода из строя зубчатых колес является износ зубьев по рабочей поверхности эвольвентного профиля, который проявляется механическим износом, усталостным выкрашиванием, заеданием и поломкой зубьев вследствие действия напряжений изгиба у основания зуба.

Рассмотрим основные способы обеспечения свойств направленные на устранение указанных причин преждевременного износа и выхода их строя зубчатых колес (рис. 2).

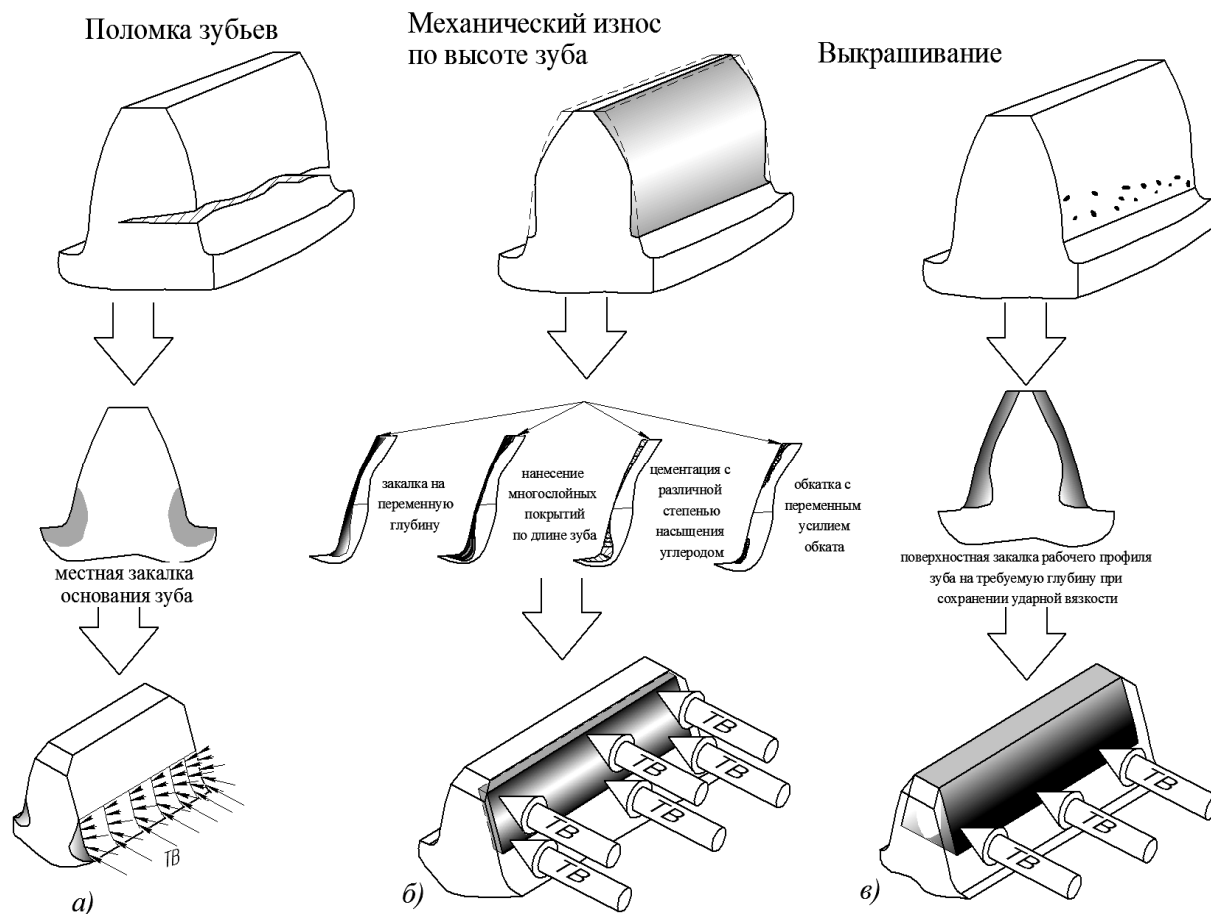


Рис. 2. Виды разрушения зубчатых колес: а) поломка зубьев; б) механический износ рабочей поверхности; в) усталостное выкрашивание

Пластическая деформация и поломка зубьев (рис. 2,а) у основания возникает по причине длительного действия знакопеременных окружных сил в зонах у головки зуба. Наиболее характерен данный вид износа для колес с малым числом зубьев, у ножки которых при нарезании образовалось сужение. Это приводит к возникновению повышенных напряжений изгиба, что является причиной указанных разрушений. Для избежания этого объемным зонам у основания зуба необходимо обеспечивать более высокую прочность изгиба, причем данные свойства должны изменяться по мере углубления к середине тела зуба. Это можно обеспечить за счет использования местной закалки, в частности закалки ТВЧ со специальным сердечником, выполненным по форме впадины зуба, с плавной регулировкой температуры нагрева и интенсивности охлаждения.

Механический износ зубьев (рис.2, б) а также его неравномерность вызваны главным образом взаимным скольжением профилей зубьев, скорость которого плавно изменяется при перекачивании профилей от головки к ножке зуба. Переменность скорости взаимного скольжения способствует неравномерному износу по высоте зуба и искажению исходного профиля зуба. При этом максимальное скольжение и максимальный износ при однородных свойствах материала зубчатого колеса, возникает на головке и ножке зуба, а в полюсе зацепления он минимален (рис. 2,б). Основной технологической задачей при этом является обеспечение свойств участков поверхностного слоя зубчатого профиля в зависимости скорости взаимного скольжения в точке контакта, что может быть достигнуто при изменении свойств сопрягаемых

поверхностей в соответствие со скоростью взаимного скольжения. Возможным вариантом является плавное уменьшение коэффициента трения и увеличении стойкости к механическому износу в соответствии с графиком скорости взаимного скольжения профилей. Это можно достичь следующими вариантами технологических воздействий на рабочие поверхности зубьев:

- термической обработкой на переменную глубину по высоте зуба за счет изменения скорости прогрева и охлаждения в отдельных участках профиля зуба;
- обкатка рабочих поверхностей зубьев с различным усилием обката, таким образом обеспечивая различную степень наклепа по зонам зубьев;
- нанесением многослойных покрытий переменной толщины и с изменяющимися свойствами по высоте зуба;
- химико-термической обработкой с различной интенсивностью насыщения поверхностного слоя по зонам рабочего профиля зуба.

Выкрашивание с поверхности зубьев (рис. 2, в) обусловлено действием контактных напряжений при взаимодействии пары зубьев. Данный износ характерен для начального периода эксплуатации зубчатых передач – в период приработки [4], и проявляется главным образом в зонах поверхности у ножки и у полюсной линии зуба. Поэтому для устранения данного износа технологические воздействия должны быть направлены на повышение контактной прочности зубьев в зонах у ножки и полюсной линии с дальнейшей отделочной механической обработкой для достижения заданного параметра шероховатости. Кроме этого для устранения усталостного выкрашивания необходимо более благоприятное распределение пятна контакта зубьев и рациональные условия смазки зоны зацепления.

Выбор конкретного способа отделочной и упрочняющей обработки элементов зубьев должен быть обусловлен условиями эксплуатации конкретной зубчатой передачи и ее назначения, что позволяет максимально адаптировать изделие к внешним условиям его использования.

Таким образом, в работе предложены основные пути повышения эксплуатационных свойств зубчатых колес, направленные на уменьшение и исправление неравномерности механического износа, деформации и поломки зубьев, а также разрушений, связанных с усталостным выкрашиванием с поверхности зубьев. Рассмотренные способы должны применяться в комплексе и учитывать конкретные условия эксплуатации зубчатой передачи.

Список литературы: **1.** Допуски и посадки. Справочник. В 2-х ч./ В.Д. Мягков, М.А. Палей и др. – Л.: Машиностроение, 1983 г. Ч.2. 448 с. **2.** Михайлов А.Н. Основы синтеза функционально-ориентированных технологий машиностроения. – Донецк: ДонНТУ, 2008. - 346 с. **3.** Лахин А.М., Михайлов А.Н., Фомин И.А. Повышение эксплуатационных свойств рабочих элементов зубчатых колес на базе функционально-ориентированного подхода // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. – Донецк: ДонНТУ, 2010. Вып. 39. С. 127-132. **4.** Кудрявцев В.Н. Зубчатые передачи. - М.: «Машгис», 1957. – 263 с.