

- ненных цилиндрических и конических зубчатых колес». Приложение к журналу «Справочник. Инженерный журнал. № 2(191), М.: Машиностроение, 2013. с. 1-24.
4. Бавыкин О.Б. Оценка качества поверхности машиностроительных изделий на основе комплексного подхода с применением многомерной шкалы // Известия МГТУ «МАМИ». – 2012, № 1 (13). с. 139-142.
 5. Саушкин Б.П., Шандров Б.В., Моргунов Ю.А. Перспективы развития и применения физико-химических методов и технологий в производстве двигателей. Журнал «Известия МГТУ «МАМИ», 2012, № 2, с. 242...248.
 6. Шандров Б.В., Морозов Е.М. Земскова Е.П. Разработка высокоэффективных технологий упрочнения деталей автомобиля из алюминиевых сплавов. Журнал «Автомобильная промышленность», № 2, 2006.
 7. Жуковский А.В., Шандров Б.В. Мониторинг процесса микродугового оксидирования с применением персонального компьютера. Журнал «Известия МГТУ «МАМИ» № 1 (7), 2009, с. 121-124
 8. Шандров Б.В. Оборудование и технологии микродугового оксидирования. Журнал «Автомобильная промышленность», № 5, 2007.

Особенности проектирования накатников для чистовой обработки зубчатых венцов

к.т.н. проф. Черепяхин А.А., к.т.н. проф. Виноградов В.М.
Университет машиностроения

8(495)4670950. tkm1410@yandex.ru, 8(499)1621351, trada73@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены специфические особенности холодного чистового накатывания зубьев среднемодульных колес. Показано, что необходимо модифицирование зуба инструмента как у головки, так и у ножки. Даны рекомендации как по геометрическим, так и по точностным показателям проектируемого инструмента.

Ключевые слова: обработка зубчатых колес, холодное накатывание, накатник, модифицирование, припуск

Холодное накатывание зубьев трансмиссионных колёс выполняют после зубофрезерования червячными фрезами как с модифицированным профилем, так и без модификации.

В процессе калибрования возникает относительное взаимное скольжение зубьев обрабатываемого колеса и накатника. Со стороны зуба колеса, соприкасающейся с ведущей стороной зуба накатника, металл перемещается от головки и ножки в направлении делительной окружности, в связи с этим в зоне делительной окружности образуется выступ. На обратной стороне зуба колеса скольжение происходит от делительной окружности к головке и ножке зуба колеса, в результате около делительной окружности появляется впадина. Перемещение металла к головке зуба ведёт к увеличению наружного диаметра заготовки, а при перемещении его к ножке зуба во впадине образуется наплыв металла по всей длине зуба.

Таким образом, для производства точных зубчатых колёс трансмиссий автомобилей их зубья необходимо модифицировать как по головке путём фланкирования, так и по ножке путём подрезания с помощью специальных червячных фрез, имеющих фланк в ножке зуба фрезы и «усик» (протуберанец) на головке зуба фрезы.

Фланк в ножке зуба фрезы предназначен для срезания металла в виде фаски на головке зуба обрабатываемого колеса, а «усик» на головке зуба фрезы - для подрезания ножки зуба колеса. Это необходимо для отслоения стружки в результате наплыва металла в направлении ножки зуба и свободного выхода головки накатника в зоне ножки во время калибрования.

Металл, выдавливаемый во впадину зуба, представляет собой отдельные прилипшие иглообразные стружки, удаляемые различными способами. В процессе холодного калибрования зубьев, не имеющих подрезания впадины, обычно часть материала в зоне ножки срезает-

ся самим накатником. При обработке точных зубчатых колёс наличие стружки во впадине зуба недопустимо из-за возможности поломки передачи. Поэтому подрезание ножки зуба обязательно. Толщина «усика» червячной фрезы при этом должна быть не менее 0,12...0,15 мм. Для тяжело нагруженных передач, где лимитирующим фактором является прочность при изгибе, значительно увеличивать толщину «усика» не следует, так как это может вызвать снижение прочности зубчатого колеса.

Для повышения производительности операции зубофрезерования на автозаводах используют червячные фрезы диаметром 90 мм с заборным конусом вместо обычной цилиндрической червячной фрезы диаметром 110 мм. Это позволяет за счёт уменьшения величины врезания, перебега фрезы и увеличения частоты её вращения (для сохранения той же скорости резания) повысить производительность зуборезного станка на 35 %, улучшить качество обработки и увеличить срок службы фрезы.

С целью получения модифицированного зуба колеса после фрезерования червячными фрезами под холодное накатывание в ряде случаев могут быть использованы фрезы с так называемым ломаным профилем зуба и двойным углом профиля. В таком инструменте угол профиля на расстоянии 26 мм от головки увеличивается на $2^{\circ}30'$, оставшийся участок рабочего профиля соответствует нормальному углу профиля $14^{\circ}30'$. Увеличенный угол профиля на головке зуба фрезы позволяет постепенно уменьшать припуск под холодное накатывание в направлении впадины зуба обрабатываемого колеса. Припуск на головке зуба колеса остаётся постоянным.

Как показывает опыт отечественных и зарубежных автозаводов, точность основных параметров зубчатого колеса после холодного калибрования повышается на одну степень точности по ГОСТ 1643. Следовательно, когда требуется обеспечить высокую точность после холодного калибрования, необходимо соответственно повысить точность зубчатого колеса до калибрования.

Припуск на сторону зуба должен быть стабильным и находиться в пределах от 0,015 до 0,025 мм. Стабильность получения оптимального припуска под холодное накатывание имеет решающее значение при достижении заданной высокой точности и качества зубчатых колёс после финишной обработки. Стабилизация припуска может быть достигнута применением однопроходного шевингования с постоянным межосевым расстоянием на специальном шевинговально-прикатном станке мод. *UPW 25x100*, разработанным в Университете машиностроения

Специальный шевер с заходной частью имеет режущие зубчики, сделанные таким образом, что припуск под шевингование срезается последовательно вступающими в работу режущими кромками, расположенными одна за другой. Наличие на зубьях шевера режущих кромок трёх видов позволяет распределить общий припуск на большее их число. Оптимальная величина припуска при однопроходном шевинговании зубьев составляет 0,06...0,08 мм на толщину зуба по делительной окружности. При этом врезание режущих кромок шевера в зубья изделия происходит не в радиальном, а в осевом направлении плавно и непрерывно – по мере продольного перемещения стола с обрабатываемым колесом (рисунок 1).

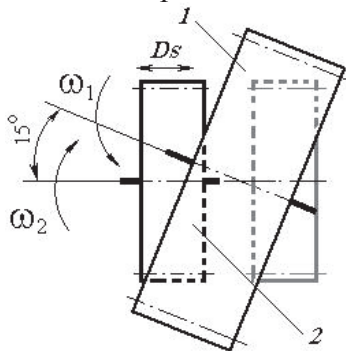


Рисунок 1. Схема основных движений при однопроходном шевинговании для стабилизации величины припуска под холодное накатывание зубьев:
1 – шевер; 2 – обрабатываемая шестерня

Сначала в работу вступают режущие кромки заборной и режущей частей зубьев шевера, а затем калибрующие кромки.

Цикл обработки при этом следующий: после установки и закрепления заготовки зубчатого колеса в центрирующем приспособлении станка включается привод вращения шевера l и продольного перемещения (D_s) заготовки 2; по окончании первого (рабочего) прохода движение стола с обрабатываемым изделием реверсируется и он возвращается в исходное положение, осуществляется калибрующий проход. За первый проход снимается припуск, что уменьшает и стабилизирует погрешность зубчатых колёс при их обработке под последующее холодное накатывание зубьев, второй (калибрующий) проход используется также для возврата изделия на позицию загрузки.

В качестве инструмента при холодном калибровании зубьев используются гладкие накатники, изготавливаемые из инструментальных сталей марок P18, P6M5, P6M5K5 с твёрдостью боковых поверхностей зубьев 58...60HRC.

Параметр шероховатости R_a поверхности зубьев не должен превышать 0,16 мкм.

Основные параметры точности накатников не должны превышать значений, указанных в таблице 1.

Таблица 1

Требования к точности накатников

Контролируемые параметры	Обозначение	Величина, мм
Погрешность профиля зуба	f_{fr}	0,005
Погрешность направления зуба (на 40 мм ширины венца)	$F_{\beta r}$	0,007
Отклонение шага	f_{pr}	0,005
Накопленная погрешность шага	F_{pr}	0,012
Радиальное биение зубчатого венца	F_{rr}	0,011
Допуск на толщину зуба	T_c	0,025
Биение торца около зубьев	Δ_T	0,005
Допуск на диаметр посадочного отверстия	T_d	0,025

Основанием для проектирования накатников служат: допуск на профиль, направление и бочкообразность зубьев обрабатываемых колёс. Поскольку холодное накатывание зубьев связано с деформированием – текучестью металла, а не резанием, то форму зуба накатника нельзя точно воспроизвести, как зуба детали. Если учесть, что даже при шевинговании, где имеет место процесс резания, приходится вводить модификацию в форму зуба для получения требуемой формы зуба обрабатываемого колеса, то становится ясно, что в результате упругости и текучести металла модификация формы зуба накатника значительно сложнее, чем для шевера. Менее жёсткие накатные станки требуют большей степени модификации зуба. Кроме того, большая бочкообразность профиля зубьев трансмиссионных колёс автомобилей способствует повышению периода стойкости инструмента; замечено, что по мере износа накатника на эвольвенте появляется вогнутость.

Общий вид гладкого накатника для холодного калибрования зубьев шестерни с m 4,25 мм, числом зубьев 49 показан на рисунке 2, а.

Увеличенное изображение профиля зуба с указанием радиусов кривизны линии притупления продольных кромок зубьев представлено на рисунке 2, б. Основные параметры накатника даны в таблице 2

Как показывает опыт, закругление головок зубьев накатников необходимо, так как исключает образование режущей кромки. В данном случае диаметр окружности притупленных кромок $d_k = 215,41$ мм, а радиус кривизны линии притупления $\rho_k = 45,017$ мм.

Таким образом, производство точных зубчатых колёс автомобильных трансмиссий с использованием комбинированной обработки зубьев резанием и пластическим деформированием металла требует детальной проработки вопросов расчёта и проектирования специальных инструментов на всех стадиях зубообработки – зубонарезания червячными фрезами, стабилизации припуска под пластическое деформирование однопроходным шевингованием с по-

стоянным межосевым расстоянием и холодного калибрования зубьев. Особую проблему представляет разработка методики коррекции профиля зубьев накатников и расчёта модифицированного профиля шлифовального круга для их изготовления.

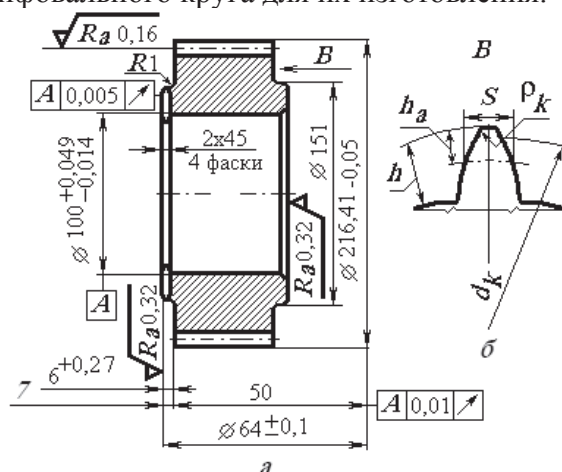


Рисунок 2. Общий вид гладкого накатника (а) и увеличенное изображение профиля зуба накатника (б)

Таблица 2

Основные параметры накатников

Модуль нормальный	m_n	4,25
Число зубьев	z	49
Угол наклона зубьев	β	0°
Угол профиля исходного контура	α	20°
Делительная высота головки зуба	h_a	4,078
Делительная высота ножки зуба	h_f	5,062
Радиус кривизны переходной кривой	r_f	1,615
Окружная делительная толщина зуба	S	7,075
Допуск на радиальное биение зубчатого венца	F_r	0,010
Допуск на накопленную погрешность шага	F_p	0,012
Допуск на погрешность профиля зуба	f_f	0,006
Допуск на разность соседних окружных шагов	f_{pt}	0,003
Допуск на погрешность направления зуба	F_β	0,008
Диаметр делительной окружности	d	208,25
Диаметр основной окружности	d_b	195,691
Высота зуба	h	9,94

Литература

1. Особенности холодного чистового калибрования зубчатых колес автомобильных трансмиссий/ Буянов А.С., Черепяхин А.А.// Автомобильная промышленность. 2011. № 8. с. 32-33.
2. Холодное накатывание зубьев цилиндрических колес с предварительной стабилизацией припуска под обработку. / Виноградов В.М., Черепяхин А.А. // Упрочняющие технологии и покрытия. 2009. № 1. с. 25-28.

Повышение работоспособности твердосплавного инструмента путем применения активированного воздуха

к.т.н. доц. Чекалова Е.А., Чекалов П.Д.
 Университет машиностроения, МГТУ «Станкин»
 (916) 102-22-94, Melou666@mail.ru

Аннотация. Предложен метод повышения работоспособности твердосплавного инструмента путем применения активированного воздуха. Представлены резуль-