

УДК. 621.9

Витренко О. С.

## ПРИМЕНЕНИЕ ГИПЕРБОЛОИДНЫХ НАКАТНИКОВ ДЛЯ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ЗУБЬЕВ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

После накатки зубьев существующим в промышленности инструментом профиль их боковых поверхностей в значительной степени отличается от теоретического. Основным недостатком традиционной накатки зубьев является то, что на боковой поверхности накатанного зуба в области основной окружности возникают дефекты [1]. Так на одной стороне зуба появляется бугор, а на другой – впадина. Экспериментом установлено, что величина этого бугра для небольших зубчатых колес достигает до 0,3 мм. Этот бугор в значительной степени искажает профиль накатанного зуба, который коренным образом отличается от теоретического. Поэтому для исправления создавшейся ситуации вводят дополнительную технологическую операцию, такую как зубошлифование, которая исправляет появившийся дефект. Это в значительной степени увеличивает себестоимость изготавливаемых зубьев, но самое главное удаляется упрочненный слой на поверхности зуба, что сводит к минимуму эффект накатки [2, 3].

Целью данной работы является снижение себестоимости и повышение точности изготовления, повышение прочности зубьев зубчатых колес путем изменения конструкции, а, следовательно, профиля накатного инструмента.

Весь современный накатной инструмент производится на базе цилиндрического основного червяка, а инструмент, рассмотренный в данном исследовании, на базе гиперболоидного основного червяка. Зубья на гиперболоидном накатном инструменте впервые были нарезаны при помощи дискового инструмента на современном станочном оборудовании с числовым программным управлением. На таком оборудовании были изготовлены мелко-модульные накатники с  $m_n = 1$  мм и различным числом заходов. При помощи таких накатников были накатаны цилиндрические прямозубые и косозубые зубчатые колеса с различным числом зубьев. На следующем этапе исследования определялось качество зубьев у накатанных зубчатых колес.

Для контроля качества обработанного зуба было использовано современное фрезерно-сканирующее оборудование Roland MDX. На этом оборудовании в работе были подвергнуты контролю мелко-модульные зубчатые колеса с модулем нормальным  $m_n = 1$  мм и различным числом зубьев. Схема такого контроля представлена на рис. 1.

Контроль профиля осуществляется при помощи сканирующей головки, оснащенной новейшим активным пьезосенсором, позволяющим сканировать объекты тоньше человеческого волоса передавая наиболее подробное изменение формы. Получено высокое качество исследуемой поверхности зуба благодаря USB интерфейсу и автоматическому определению нулевой точки вдоль оси Z. Программное обеспечение для сканирующей головки обладает такими функциями контроля, как установка сканирующей точки, размера сканируемой области, причем возможно задавать как одну, так и несколько областей сканирования. Оцифрованный зуб накатанного зубчатого колеса сохраняется как в формате PIX (облако точек), так и экспортируется в такие общедоступные форматы, как: STL; DXF; WRL; 3DMF; 3DS; IGS.

При контроле поверхности зуба было выбрано механическое разрешение с шагом 0,002 мм/шаг. Скорость перемещения сканирующей головки вдоль осей XY составляла 0,150 мм/с, а вдоль оси Z – 0,130 мм/с. В результате таких измерений были проанализированы замеры 30-ти различных зубчатых колес.

На первом этапе исследования рассмотрены зубчатые колеса с числом зубьев  $z_1 = 50$  и 68, накатанных при помощи стандартных цилиндрических зубчатых накатников с  $m_n = 1$  мм и числом зубьев  $z_2 = 67$ .

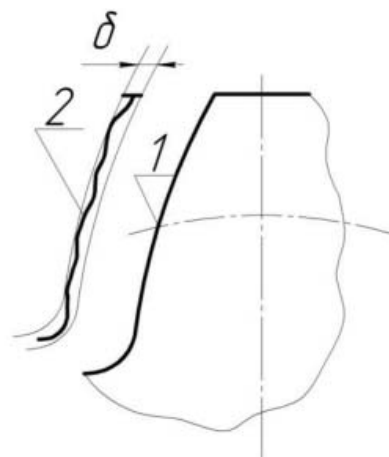
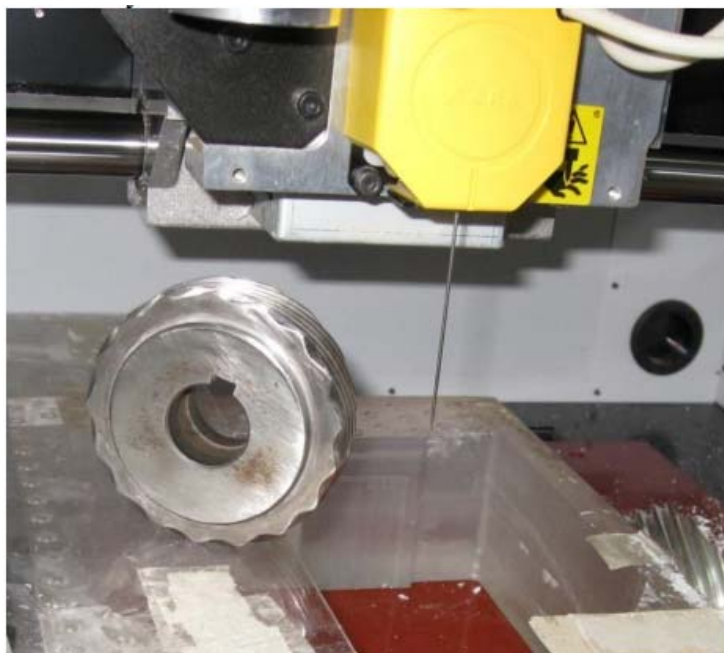


Рис. 1. Схема контроля профиля накатанного зуба и его погрешность

Исследование характера искажения профиля зуба показало, что на зубе видна явная волна пластически деформированного металла, а также впадина вдоль его профиля, явно искажающие накатанный зуб. Характер искажения профиля зуба показан на рис. 2.

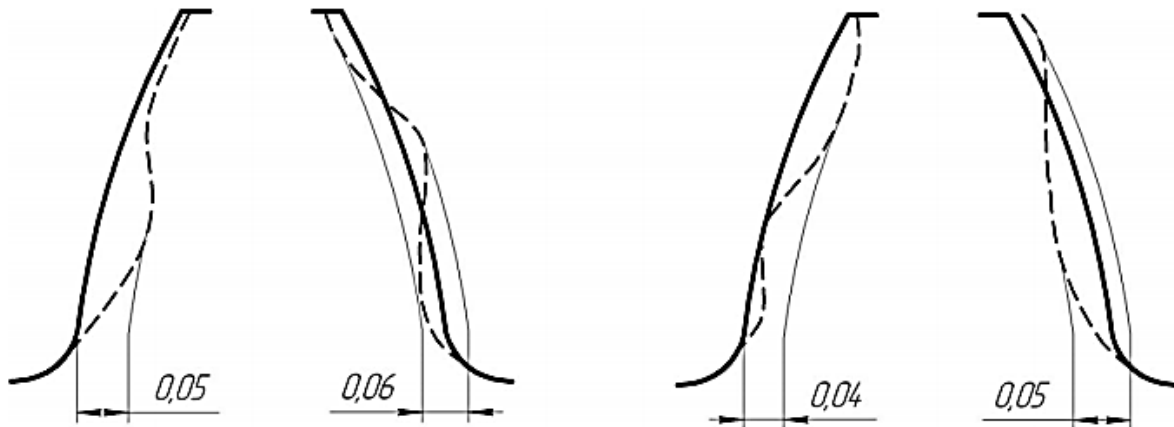


Рис. 2. Характер искажения профиля зуба, накатанного стандартным накатным инструментом

Далее в исследовании был произведен контроль профиля 20-ти зубчатых колес с  $m_n = 1$  мм; числом зубьев  $z = 50, 68, 100$ , накатанных при помощи гиперболоидных накатников с числом зубьев  $z_2 = 17, 29$ . Исследование профиля накатанных зубьев показало полное отсутствие волны пластически деформированного металла, а, следовательно, и искажения профиля зуба. На зубе была видна лишь незначительная огранка, обусловленная подачей накатного инструмента. Отклонение профиля накатанного зуба от теоретического уменьшилось в несколько раз, что видно из рис. 3.

После выбора оптимального по конструкции накатного инструмента и нахождения оптимального усилия накатки было проведено исследование, как влияет шероховатость предварительно нарезанных зубьев (исходная шероховатость) на качество накатанных зубьев. Эта зависимость представлена на рис. 4.

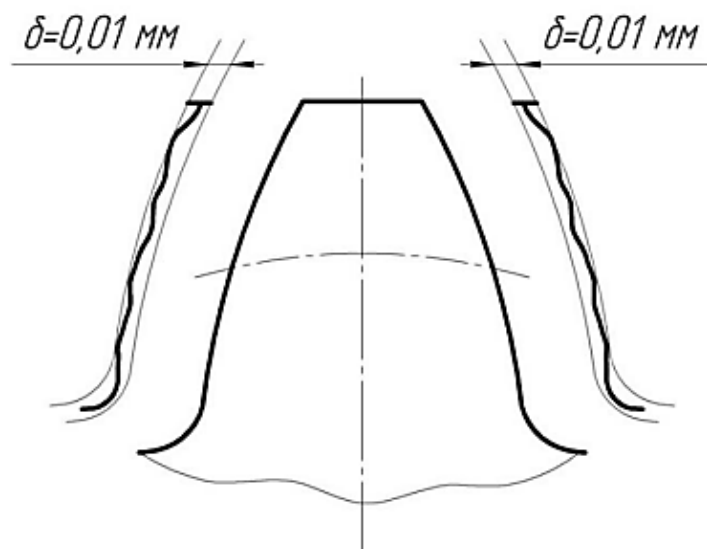


Рис. 3. Характер искажения профиля зуба, накатанного гиперболоидным инструментом

Для эксперимента был выбран гиперболоидный накатник с числом зубьев  $z_2 = 17$ , с диаметром делительной окружности  $d_d = 72,15$  мм. При помощи этого инструмента было накатано 8 цилиндрических зубчатых колес с числом зубьев  $z_1 = 100$ , изготовленных из стали 45. Графики показали, что незначительное увеличение усилия накатки позволяет накатывать зубчатые колеса, зуб которых имеет одинаковую шероховатость, что позволяет в широких пределах изменять качество предварительно нарезанных зубьев.

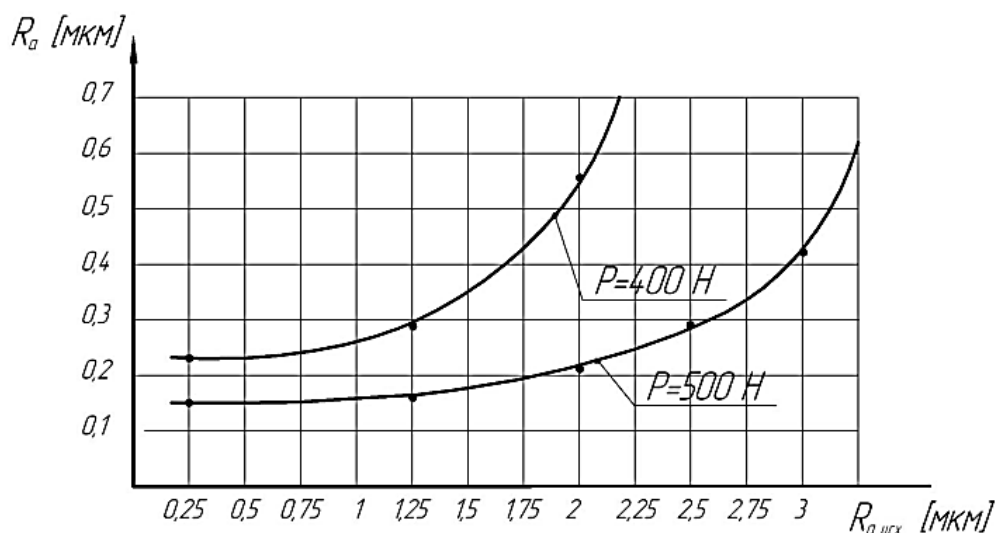


Рис. 4. Влияние исходной шероховатости нарезанного зуба на шероховатость накатанных зубьев

Далее в работе было исследовано влияние усилия накатки на шероховатость накатанного зуба, которое приведено на рис. 5.

В качестве накатываемых зубчатых колес были выбраны 24 зубчатых колеса с  $m_n = 1,5$  мм и числом зубьев  $z = 100$ . Накатка производилась при помощи 3-х накатников с числом зубьев  $z_2 = 17$ , диаметры делительных окружностей которых в горловом сечении составляли соответственно  $d_d = 72,15$ ;  $54,42$ ;  $37,5$  мм. Экспериментальные исследования дали возможность определения правильного выбора геометрии накатного инструмента в зависимости от требуемой шероховатости накатанного зуба.

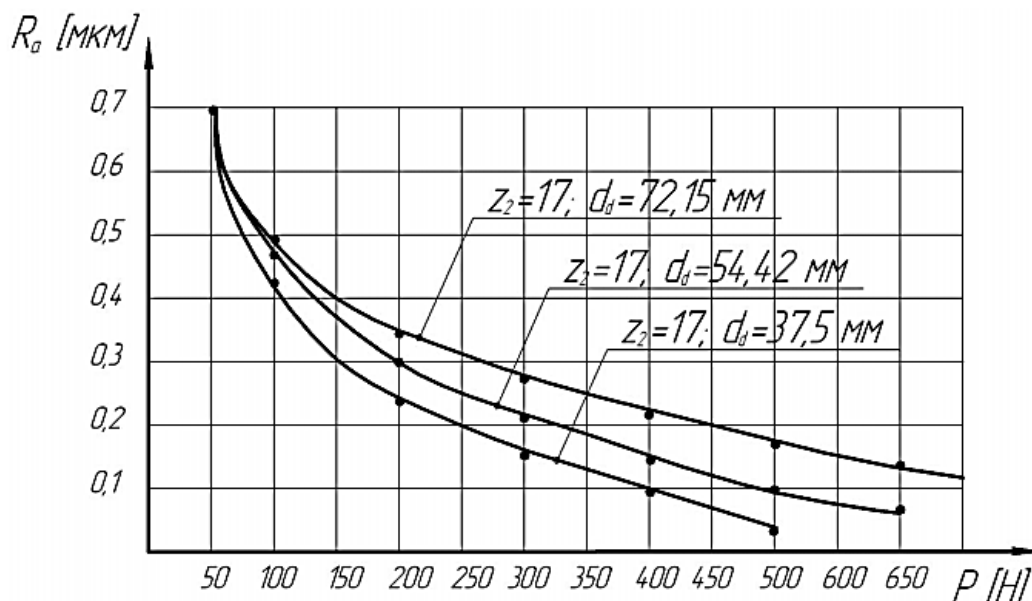


Рис. 5. Влияние усилия накатки на шероховатость накатанного зуба

### ВЫВОДЫ

Удалось спроектировать и изготовить на универсальном оборудовании с ЧПУ гиперболоидные накатники, у которых основная и производящая инструментальные поверхности совпадают.

Исследование профиля накатанных зубьев показало незначительное отклонение полученной в результате накатки эвольвенты от теоретической. Кроме того очень важным результатом исследования является то, что на накатанном зубе отсутствует волна пластически деформируемого металла, а также бугор и впадина в районе делительной окружности.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Витренко В. А. Повышение производительности зубонарезания цилиндрических зубчатых колес гиперболоидным инструментом за счет совершенствования формообразования резанием: монография / В. А. Витренко, В. В. Белозерова. – Луганск: «Ноулидж», 2009. – 147 с.
2. Витренко О. С. Повышение точности упрочняющей накатки зубьев за счет разработки принципиально новой геометрии накатного инструмента: дис. канд. техн. наук / О. С. Витренко – ВНУ им. В. Даля, 2010.
3. Равская Н. С. Геометрия сопряженных поверхностей / Н. С. Равская, П. Р. Родин, Т. П. Николаенко, П. П. Мельничук, Г. Н. Выготовский. – Житомир: ЖИТИ, 2001. – 319 с.
4. Основи формоутворення поверхонь при механічній обробці / Н. С. Равська, П. Р. Родін, Т. П. Ніколаєнко, П. П. Мельничук. – Житомир: ЖИТИ, 2000. – 169 с.
5. Производство зубчатых колес: справочник / С. Н. Калашников, А. С. Калашников, Г. И. Коган [и др.]; под общ. ред. Б. А. Тайца. – М.: Машиностроение, 1990. – 464 с.