

П.С.Чистосердов, канд.техн.наук,
Р.Н.Шадуро, В.К.Бочков (ММИ)

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ДОРНОВАНИЕМ ИХ БАЗОВЫХ ШЛИЦЕВЫХ ОТВЕРСТИЙ

Шлицевые отверстия прямоугольного профиля с центрированием по наружному диаметру (по D) часто используются в зубчатых колесах в качестве конструкторских, технологических и измерительных баз.

В работах Б.А.Тайца, Я.С. Израилевича, М.М.Кане и других показано, что точность и качество поверхностей базовых отверстий существенно влияют на точность зубчатых колес при их изготовлении и в собранной передаче. После термической обработки точность шлицевых отверстий значительно снижается и достигает 10–11 квалитета по стандарту СЭВ 144–75. При этом, как известно, значительно увеличиваются погрешности формы в поперечном и продольном сечениях.

Одним из прогрессивных способов повышения точности и качества поверхностей шлицевых отверстий является их дорнование. Однако этот способ еще мало изучен, а его роль в повышении точности венцов зубчатых колес практически не исследована.

В Могилевском машиностроительном институте проведены комплексные теоретические и экспериментальные исследования различных схем дорнования шлицевых отверстий зубчатых колес с целью повышения точностных и качественных характеристик не только самих отверстий, но и зубчатых венцов.

Чтобы установить влияние погрешностей шлицевых отверстий, которые в определенной степени исправляются дорнованием, на кинематическую точность зубчатых венцов, был проведен теоретический анализ с выводом аналитической зависимости радиального биения от погрешностей шлицевого отверстия.

На рис. 1 точка O – ось начальной поверхности венца; O' – геометрическая ось поверхности наружного диаметра шлицевого

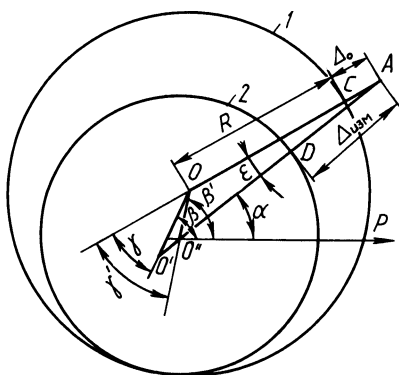


Рис. 1. Схема для расчета радиального биения зубчатого венца.

отверстия, а точка O'' – мгновенная ось вращения зубчатого колеса. Точка A относится к контуру поверхности начального диаметра, поэтому отрезок AC определяет отклонение от круглости поперечного сечения этой поверхности.

Окружность 1 проведена так, что ее ось O соответствует точке, относительно которой все расстояния до любой точки действительного контура начальной окружности имеют наименьшую дисперсию.

Отрезки OO' и OO'' определяют эксцентриситеты e и e' оси начальной поверхности венца O и соответственно геометрической оси шлицевого отверстия O' и оси вращения колеса O'' , а отрезок $O'O''$ – эксцентриситет e_M .

Около оси вращения O'' проведем окружность 2, касательную к окружности 1. Тогда отрезок $AD = \Delta_{\text{изм}}$ будет определять показания прибора при контроле радиального биения зубчатого венца. Примем этот отрезок в качестве замыкающего звена размерной цепи, имеющей место при измерении по рассматриваемой на рисунке схеме.

Тогда уравнение размерной цепи в форме замыкающего звена получит вид:

$$\Delta_{\text{изм}} = e \cos \gamma + R + \Delta_O - O'' D \cos \epsilon - e_M \cos \epsilon. \quad (1)$$

После некоторых преобразований уравнения (1) получим

$$\Delta_{\text{изм}} = \left[1 + \frac{1}{\cos(\beta' - \alpha)} \right] [e \cos(\beta - \alpha) - e_M] + \Delta_O. \quad (2)$$

Значения углов, входящих в формулу (2), определяем из рисунка.

Из зависимости (2) следует, что на радиальное биение зубчатого венца влияет: геометрический эксцентриситет e оси начальной поверхности венца и оси отверстия, погрешности формы поперечного сечения, вызывающие колебание величины e_M , и отклонение от круглости поперечного сечения начальной поверхности венца Δ_O .

Погрешности формы поперечного сечения отверстия характеризуются колебанием диаметров поверхностей парных пазов и их отклонением от соосности.

Анализ зависимости (2) показывает, что радиальное биение зубчатого венца может быть уменьшено уже на стадии обработки шлицевых отверстий дорнованием за счет исправления первой и второй составляющих погрешности, т. е. e и e_M . Проверка правильности высказанных предположений проводилась при дорновании по двум схемам шлицевых отверстий с размерами $6 \times 16 \times 20 \times 4$ в партиях зубчатых колес с $m = 2$ мм, $z = 26$.

При первой схеме дорнования инструмент направлялся по оси поверхности наружного диаметра шлицевого отверстия. В этом

случае погрешности формы поперечного сечения уменьшились на 30–50%, что позволило уменьшить колебания составляющей e_M в зависимости от выражения (2). Радиальное биение зубчатых венцов в этом случае снизилось на 10–16%.

При второй схеме дорнования инструмент направлялся по оси, близкой к оси поверхности начального диаметра зубчатого венца. Это осуществлялось следующим образом. На внутришлифовальном станке производилось шлифование поверхности внутреннего диаметра шлицевого отверстия, которая в дальнейшем при дорновании использовалась для направления инструмента. При шлифовании отверстия базирование зубчатого колеса осуществлялось по поверхности начального диаметра венца.

Дорнование по этой схеме уменьшило радиальное биение зубчатых венцов в среднем на 30%, что объясняется дополнительным уточнением по сравнению с первой схемой дорнования геометрического эксцентриситета, т. е. уменьшением составляющей e в зависимости (2).

Таким образом, дорнование по второй схеме более эффективно исправляет радиальные составляющие кинематической погрешности. Отмечается, что при шевинговании методом свободного обката зубчатых колес, обладающих геометрическим эксцентриситетом, имеет место перевод его в тангенциальные составляющие кинематической погрешности.

Проверка снижения эффекта перевода геометрического эксцентриситета в кинематический (тангенциальные составляющие) осуществлялась введением в технологический процесс изготовления зубчатых колес дорнования шлицевых отверстий по второй схеме перед шевингованием. Это позволяло уже на данной стадии изготовления зубчатых колес существенно исправить радиальное биение венцов. Оценка эффективности изменения тангенциальных составляющих в этом случае осуществлялась при помощи контроля колебания длины общей нормали колеса V_{wz} .

Как показали исследования, при шевинговании партии зубчатых колес, имеющих значительное радиальное биение, колебание длины общей нормали увеличилось в среднем на 30–50%. Применение дорнования шлицевых отверстий по второй схеме перед шевингованием позволило свести эффект перевода геометрического эксцентриситета в кинематический к минимуму. Так, колебание длины общей нормали после шевингования в этом случае увеличилось незначительно.

Таким образом, применение в технологических процессах изготовления зубчатых колес дорнования шлицевых отверстий по второй схеме позволяет стабильно получать восьмую степень кинематической точности венцов.