

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ БАЗОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ ЗУБЬЕВ КРУПНОМОДУЛЬНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

И.К. Карась

ЗАО «Солигорский институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством», г. Солигорск

Крупномодульные зубчатые передачи горных машин и оборудования испытывают повышенные динамические и знакопеременные нагрузки, колебания температуры. При этом работоспособность конкретных зубчатых передач может зависеть от ряда технологических, конструкционных и эксплуатационных факторов, таких как:

- перегрузка рабочих поверхностей зубьев по контактным напряжениям, связанная с погрешностями механической обработки зубчатых колес и сборки передачи, обуславливающими неправильную форму пятна контакта;
- высокие нагрузки в зацеплении из-за отклонения теоретического эвольвентного профиля зубьев от номинального вследствие погрешности зубонарезания;
- динамические нагрузки, возникающие при работе в исполнительных механизмах машин и передаваемые на зубчатую передачу (например, удары режущего инструмента при взаимодействии с горной породой).

Из-за погрешностей изготовления передачи усиливаются циклические контактные напряжения. Их влияние возрастает с износом сопряженных поверхностей зубьев.

Технологическая наследственность, приобретаемая в процессе механической обработки, влияет на точностные и прочностные параметры зубчатого венца [1]. Оценка этого влияния требует аналитического исследования. Указанные параметры закладываются в начале технологического процесса, при получении заготовки, и далее – при токарной обработке, нарезании зубьев и их финишной обработке.

ГОСТ1643-81 не определяет величины погрешностей базовых поверхностей, их допустимые отклонения принимаются исходя из опыта и по нормативам допускаемых погрешностей. Это обстоятельство часто приводит к несоответствию требований к точности зубчатого профиля колеса и его посадочных поверхностей.

Для оценки влияния погрешностей базовых поверхностей на точность профиля обработанных зубьев рассмотрим применяемую техноло-

гию изготовления крупномодульных зубчатых колес горных машин и механизмов.

Например, крупномодульные зубчатые колеса проходческого комбайна ПКС-8 изготавливаются из конструкционной легированной стали 20Х2Н4А с низким содержанием углерода. Заготовки крупномодульных зубчатых колес получают, в основном, горячей штамповкой. После токарной обработки заготовки производят предварительное нарезание зубьев червячной модульной фрезой. В качестве термической обработки при изготовлении таких колес используется цементация зубьев с последующей закалкой и низким отпуском. Окончательно рабочие поверхности зубьев обрабатывают зубошлифованием по методу обката или копирования.

Проанализируем процесс зубофрезерования червячными модульными фрезами для определения влияния погрешностей обрабатывающей системы на зубчатый венец. Отверстие зубчатого колеса является сборочной и технологической базой, а торцевая поверхность – установочной базой при обработке и свободной – при сборке. Совместить технологическую базу со сборочной часто не представляется возможным, поэтому при нарезании зубьев необходимо обеспечить высокую точность расположения (перпендикулярность) оси отверстия относительно базового торца.

Отклонение от перпендикулярности оси отверстия к базовому торцу колеса влечет за собой возрастание погрешности направления зуба и эллипсности делительной окружности [3]. Например, колесо комбайна ПКС-8 с параметрами: модуль $m = 10$; число зубьев $z = 50$; делительный диаметр $d = 250$; $W = 84.685_{-0,2}^{+0,1}$; диаметр отверстия $D = 85_{-0,035}^{+0,035}$. Для торцов колеса установлен допуск на торцевое биение – 0,08 мм, который удовлетворяет условиям эксплуатации. Но при базировании во время обработки на такой торец увеличивается погрешность направления зуба до 0,15 мм (рис. 1). Это является причиной отклонения в направлении зубьев, а также образования их конусности. Ошибка относительного положения базовых поверхностей может вызывать также погрешности шага и профиля зубьев. Погрешности, возникающие при зубофрезеровании, приводят к завышению припуска под зубошлифование.

Зубофрезерование производится на зубофрезерных станках червячными фрезами с протуберанцем, обеспечивающим подрезание у основания зубьев (рис. 2). Таким образом, контур впадин переходит в эвольвентную поверхность не по касательной, а с подрезом на величину, несколько большую припуска под зубошлифование. Основание впадины располагается на уровне окружности впадин или несколько ниже.

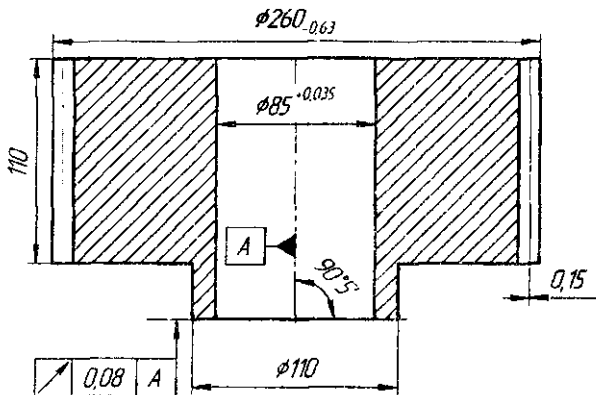


Рис. 1. Отклонение по направлению зуба при торцовом биении 0,08 мм

При зубофрезеровании на обработанной поверхности образуется так называемая огранка профиля из-за многократного воздействия производящего контура в процессе обката впадины.

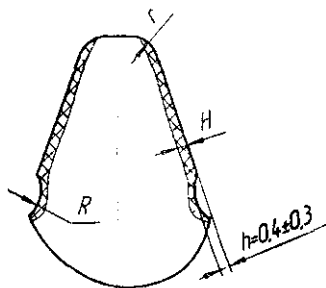


Рис. 2. Профиль зуба шлифуемого зубчатого колеса

Переходная поверхность у основания зуба воспроизводится вершиной зуба червячной фрезы и представляет собой огибающую семейства окружностей – удлиненную эвольвенту со своеобразной огранкой и волнистостью.

Погрешности базовых поверхностей совместно с затуплением фрезы вызывают искажение форм как эвольвентных участков, так и переходных поверхностей у основания зубьев [2]. Возникающий при этом наклеп является причиной остаточных напряжений, которые при последующей термической обработке усиливают эффект коробления зубчатого венца [4]. Все перечисленное приводит к созданию неравномерного припуска под чистовую обработку и вызывает погрешность:

$$\delta_{\Sigma} = \delta_m + \delta_{\phi} + \delta_z,$$

где δ_m – погрешность при токарной обработке; δ_{ϕ} – погрешность при зубофрезеровании; δ_z – погрешность, вызванная короблением при закалке.

При контроле толщины зубьев или длины общей нормали у колес, обработанных под чистовую операцию (зубошлифование или лезвийная

обработка), припуск определяется одновременно на две стороны. Следовательно, неравномерность припуска проявится только в ходе чистовой обработки в виде чернот, определяемых визуально. В связи с неравномерностью припуска контуры впадин в переходных зонах несимметричны и, следовательно, подрез, образованный протуберанцем фрезы на сторонах впадин, – неравномерный. Он может превышать величину радиуса начала активного профиля, из-за чего возможно касание шлифовальным кругом нешлифуемых участков впадины или даже образование уступа. Эти дефекты впоследствии проявляются как опасные концентраторы напряжений, приводящие к снижению изгибной усталостной прочности зубьев.

Таким образом, обоснованное задание погрешности базовых поверхностей заготовок зубчатых колес перед операциями зубообработки является необходимым условием обеспечения равномерности припуска под чистовую обработку и позволяет повысить точность изготовления зубчатого колеса.

Литература

1. Сидоренко, А.К. Производство крупных зубчатых передач / А.К. Сидоренко, Я.И. Адам, Г.Г. Овумян. – М.: Машгиз, 1961. – 68 с.
2. Овумян, Г.Г. Повышение производительности и качества чистового зубонарезания / Г.Г. Овумян. – М.: Машиностроение, 1979. – 64 с.
3. Технология производства и методы обеспечения качества зубчатых колес и передач: учеб. пособие / под общ. ред. М.М Канне, В.Е. Старжинского. – СПб.: Профессия, 2007. – 832 с.
4. Овумян, Г.Г. Чистовая обработка зубьев закаленных колес / Г.Г. Овумян, Я.И. Адам. – М.: Труды ЦНИИТМАШа, 1968. – 43 с.

УДК 621.9

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАБОЧЕЙ ЧАСТИ СФЕРИЧЕСКИХ КОНЦЕВЫХ ФРЕЗ

В.В. Вовк, П.В. Скрынник, С.В. Корзун

Национальный технический университет Украины «КПИ», Киев

Введение. При обработке фасонных поверхностей в основном используются сферические концевые фрезы. Условия эксплуатации сферических концевых фрез и требования к их надежности при работе ставят этот инструмент в ряд специального.

На рынке САПР практически отсутствуют САПР режущих инструментов, обеспечивающие проектирование инструмента с учетом условий