

УДК 621.9.044

¹Александр Ключко, док. техн. наук, проф. ²Любомир Ропяк, канд. техн. наук, доц., ²Евгений Остапович

¹НТУ «ХПИ»;

²Ивано-Франковского НТУ нефти и газа

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА ЗУБООБРАБОТКИ КРУПНОМОДУЛЬНЫХ ЗУБЧАТЫХ ВЕНЦОВ

Alexzander Klochko, Dr., Prof., Lubomir Ropjak, Ph.D., Assoc. Prof., Evgeniy Ostarovich

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF EFFICIENCY AND QUALITY COARSE-GRAINED TOOTHED CROWN GEAR TREATMENT

Разработаны конструкторско-технологические способы с целью повышения производительности и качества зубообработки крупногабаритных зубчатых венцов на основании анализа геометрии зацепления и профиля зубьев с учетом установления зависимости величины отклонения эвольвентной кривой профиля зуба. Отклонение от касательной к эвольвентной кривой профиля зуба, проведенной в точке, расположенной на делительной окружности при модуле свыше 25 мм и числа зубьев $Z_k \geq 130$ укладываются в допуски на изготовление колес с эвольвентным зацеплением по 9-й степени точности. В рассматриваемых случаях эвольвентный профиль зуба может быть заменен на прямолинейный, что позволяет значительно повысить эффективность технологического процесса зубофрезерования. Аналитически обосновано, что с прямолинейным профилем зубьев на колесе при $m=25$ мм и выше и числе зубьев $Z_k = 130-200$ необходимо вводить в зацепление шестерни, имеющие сопряженный профиль зубьев.

Сопрягаемые с крупногабаритными зубчатыми колесами шестерни могут иметь как эвольвентный профиль зубьев, так и сопряженный, рассчитываемый по известным методикам. Для черновой и чистовой обработки зубьев спаренными инструментами необходимо использовать специальный двухшпиндельный фрезерный суппорт, с углом наклона шпинделей $\alpha = 12^\circ$ и специальная схема установки дисковых прорезных и торцевых чистовых фрез.

При черновой и чистовой обработке зубьев по рассматриваемой технологии угол профиля зубьев венца определяется по формуле

$$\alpha_0 = \alpha_k + \frac{180^\circ}{Z_k} (Z_{nIII} - 1) - \Delta\psi \quad \alpha_0 = \alpha_k + \frac{180^\circ}{Z_k} (Z_{nIII} - 1) - \Delta\psi, \quad (1)$$

где α_k α_k - угол наклона шпиндельных осей фрезерных головок станка в горизонтальной плоскости.

Z_{nIII} Z_{nIII} - число охватываемых зубьев венца при чистовой обработке торцевыми фрезами.

Учитывая неизбежные отклонения прямолинейного профиля, получаемого при зубофрезеровании, от теоретического, а также отклонения профиля сопряженной шестерни, ужесточим полученные допускаемые значения на 40 %. Зубчатые колеса, соответствующие области, расположенной вправо от пунктирной кривой, рекомендуется изготавливать с прямолинейным профилем, а шестерни, сопряженные с ними, с эвольвентным профилем зубьев того же угла зацепления. Таким образом, зубчатые колеса с числом зубьев 200 и более можно изготавливать с прямолинейным

профилем и сопрягаемую с ними шестерню с эвольвентным профилем того же угла зацепления.

Расчеты показывают, что для скорректированных зубчатых колес отклонения получаются меньшими по сравнению с нескорректированными. Геометрия профиля зубьев шестерен при сопряжении их с прямолинейным профилем зуба зависит от числа зубьев колеса. Как показали исследования, колеса с числом зубьев $Z_k \geq 200$ могут работать в паре с шестернями эвольвентного профиля. Если колеса с числом зубьев $Z_k \geq 200$ и прямолинейным профилем зубьев нарезаются методом трепанации с углом зацепления отличным от 20° , то профиль зубьев шестерен выполняется эвольвентным, и расчет его производится с учетом угла зацепления колеса. Профиль зубьев, шестерен, сопрягаемых с колесами, имеющими число зубьев в пределах от $Z_k=130$ до $Z_k=200$, должен быть сопряженным с прямолинейным профилем зубьев колеса.

Шестерни с сопряженным профилем зубьев могут быть нарезаны специальными торцевыми фрезами. Форма фасонных режущих кромок таких фрез определяется при профилировании и зависит от формы профиля детали и геометрических параметров режущей части фрез. Зубья шестерен с сопряженным профилем можно также фрезеровать методом единичного деления пальцевыми и дисковыми фрезами соответствующего профиля. Они могут быть нарезаны и методом обкатки специальными червячными фрезами. С целью промышленного внедрения новой технологии зубообработки методом трепанации зубьев были разработаны технические проекты специальных двухшпиндельных скоростных суппортов к тяжелым зубофрезерным станкам мод. 5В345П, 5В348П, 5В348/П, 5 В348/12,5.

Применение прямолинейного профиля зубьев на колесе позволяют использовать принципиально новую технологию зубонарезания - способ зубонарезания методом трепанации, при котором черновое фрезерование зубьев производится дисковыми прорезными фрезами, а чистовая обработка по профилю зубьев высокоскоростными торцевыми фрезами, обеспечивающими получение требуемой шероховатости рабочей поверхности зубьев. Модернизация зуборезных станков с применением новой технологии зубонарезания позволяет повысить производительность зубообработки до 200 %, при этом затраты на модернизацию станка окупятся за 2-3 года.