

11. Юсфин Ю.С. Базилевич Т.Н. Обжиг железорудных окатышей. М.: Metallurgy, 1973. – 272 с.

Рукопись поступила в редакцию 22.03.13

УДК 621.924.093.048

А.А. РЯЗАНЦЕВ, аспирант, ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

СПОСОБ ПРОФИЛИРОВАНИЯ ЗУБОРЕЗНОГО ИНСТРУМЕНТА И УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПРОФИЛЯ

Рассмотрен способ, который повышает точность профилирования винтовых поверхностей зубообрабатывающих инструментов и метод контроля профилей зубьев зубчатых колес.

Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями. Зубчатые передачи имеют широкое применение во всех отраслях машиностроения и приборостроения. Главными элементами, определяющие работоспособность зубчатых передач, являются зубья колес. Огромный диапазон нагрузок, окружных скоростей, разнообразие передач (эвольвентные передачи, Новикова, арочные и др.) делают весьма актуальной разработку энерго- и ресурсосберегающих технологий обработки поверхностей зубьев и их предэксплуатационной адаптации, повышающих надежность и долговечность передач, а так же точность изготовления профиля зубчатого колеса и последующий контроль.

Однако точность зубчатых колес непосредственно связана с точностью зубообрабатывающих станков и зуборезного инструмента. Среди зуборезных инструментов червячные фрезы являются наиболее распространенными инструментами, используемыми для чистовой и получистовой обработки. Проблема усложняется разнообразием конструктивных вариантов фрез.

По конструкции фрезы изготавливаются монолитными, составными и сборными. Составные червячные фрезы являются промежуточными между монолитными и сборными. Их режущие элементы соединяются с корпусом фрезы путем приклеивания, приваривания, припаивания или механически с помощью клиньев, крышек, винтов и гаек. У монолитных и составных фрез необходимые задние углы обеспечиваются на операции затылования, а у сборных фрез они получаются за счет определенного расположения режущих элементов относительно корпуса. При этом каждой из конструкций присущ вполне определенный способ формообразования задних поверхностей режущей части.

Анализ исследований и публикаций. Методология профилирования современного зуборезного инструмента и исследования взаимосвязи геометрических параметров инструмента на уровень точности зубчатых колес вызывает повышенный интерес у многих авторов [1,2], которые считают, что задачу по совершенствованию технологий профилирования зуборезного инструмента, контроля получаемого профиля и упрочнения зубьев следует решать в комплексе.

Зубчатые передачи, по определению, относятся к числу наиболее напряженных, сложных по форме и многообразных по режимам, условиям эксплуатации и ответственности деталей машин, поэтому имеет большое значение их контроль. Главным образом контролю необходимо подвергать профиль зубьев зубчатых колес [4]. Исследованию этой проблемы уделяется особое внимание.

1. Измеряют на различных высотах зубьев величины хорд между разноименными профилями зубьев и сравнивают их с соответствующими номинальными величинами хорд. Для измерения хорд используют кромочный зубомер.

2. Измеряют величины общих нормалей к разноименным профилям зубьев и сравнивают их с соответствующими номинальными величинами общих нормалей, при этом изменяют количество зубьев, охватываемых общей нормалью, в диапазоне от Z_{\min} до Z_{\max} . Величины Z_{\min} и Z_{\max} определены математическими выражениями.

При контроле данными способами существует ряд недостатков, так в первом случае недостатком является необходимость базирования мерительного инструмента по вспомогательной базе - окружности вершин зубьев, что снижает точность контроля, во втором - то, что при выборе Z_{\max} не учитывается влияние фаски на вершине зуба, а это снижает точность контроля.

Постановка задачи. Целью настоящей работы является разработка экспериментально-

аналитического метода профилирования зуборезного инструмента и устройство для контроля получаемого профиля крупномодульных зубчатых колес. При разработке метода использовались положения теории эвольвентного зацепления, сопротивления материалов.

Изложение материала и результаты. Результаты анализа литературных данных [3] в области профилирования зуборезного инструмента, привели к разработке метода повышения точности профилирования путем коррекции погрешностей, обусловленных переменным по высоте зубьев инструмента углом подъема винтовых линий.

В качестве примера реализации способа представлен случай профилирования винтовой поверхности, которая в своем нормальном сечении имеет трапецеидальный профиль 1 (рис. 1). Такие винтовые поверхности имеют червячные фрезы для нарезания зубчатых колес с эвольвентным профилем зубьев и конволютные червяки червячных передач.

Профилирование винтовой поверхности производят обкатом производящей рейкой, которой сообщают винтовое движение вокруг продольной оси 2 винтовой поверхности. Координаты X_p и Z_p профиля 3 нормального сечения производящей рейки задают в нормальной плоскости с системой координат $X_p O_p Z_p$, начало которой размещают в заданной точке O_p , и определяют из выражений

$$\begin{cases} X_p = X - R \\ Z_p = Z - \left(\frac{t_p}{2 - Z} \right) \cdot \operatorname{tg}^2(\varepsilon_p - \beta), \end{cases} \quad (1)$$

где X, Z – координаты требуемого профиля 1 нормального сечения винтовой поверхности в системе координат XOZ ; t_p – нормальный шаг производящей рейки; R – расстояние между координатами Z и Z_p ; ε_p – угол установки производящей рейки; β – угол подъема винтовой линии профилируемой поверхности в точке с координатами X и Z .

$$\beta = \operatorname{arctg} \frac{t_p \cdot Z}{\sqrt{(2 \cdot \pi(X + R))^2 - t_p^2 \cdot Z^2}}, \quad (2)$$

где Z – число заходов винтовой поверхности.

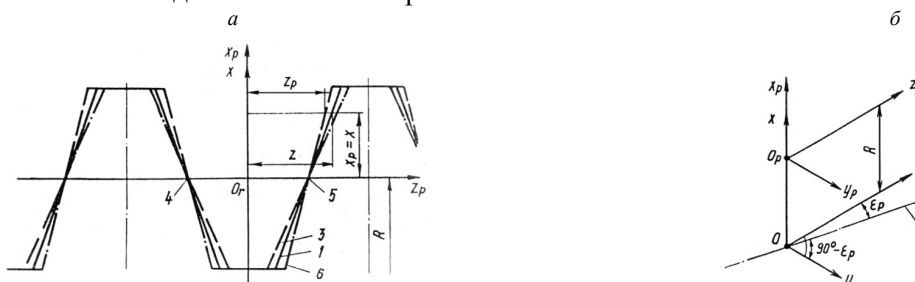


Рис. 1. а - нормальные профили производящей рейки и профилируемой поверхности; б - расположение системы координат относительно оси винтовой поверхности

Величину R принимаем равной радиусу начального цилиндра винтовой поверхности, на котором угол β подъема винтовых линий равен углу ε_p установки производящей рейки. В результате чего, координаты профиля 1 винтовой поверхности и профиля 3 производящей рейки будут совпадать в точках 4 и 5 на начальном цилиндре. Для других участков профилей углы β и ε_p не равны между собой: вне начального цилиндра $\beta < \varepsilon_p$, внутри – $\beta > \varepsilon_p$.

Система уравнений (1) учитывает разность в углах β и ε_p и устанавливает связь между координатами профиля 3 нормального сечения производящей рейки и профиля 1 профилируемой поверхности. Производящая рейка, координаты профиля 3 нормального сечения которой определены из (1), обеспечивает профилирование винтовой поверхности с заданным профилем 1.

Полученные результаты актуальны при эксплуатации и контроле шаровых мельниц, предназначенных для измельчения различных руд, угля и другого сырья, которые оборудуются открытыми зубчатыми передачами, модуль зубьев которых равен $m = 20-34$ мм, ширина зубчатого венца $b = 600-1000$ мм.

Авторами статьи предложен способ контроля профилей зубьев зубчатых колес, который заключается в повышении точности контроля путем учета влияния фаски на вершине зубьев на выбор Z_{\max} .

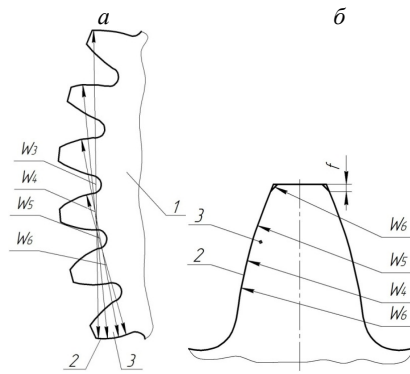


Рис. 2. а-сектор контролируемого зубчатого колеса с расположением общих нормалей; б - один зуб колеса с расположением на его профиле точек контроля и фаски

Контроль зубчатого колеса осуществляют путем измерения нормалемером величин общих нормалей W к разноименным профилям 2 зубьев 3 (рис. 2) и сравнивают их с соответствующими номинальными величинами общих нормалей, определяемых по математическому выражению

$$W = (\pi \cdot (Z_n - 0,5) + 2 \cdot x \cdot \operatorname{tg} \alpha + Z \cdot \operatorname{inv} \alpha_t) \cdot m \cdot \cos \alpha,$$

где Z_n - количество зубьев, охватываемых общей нормалью. При этом измеряют величину фаски f , а макси-

мальное число Z_{\max} и минимальное число Z_{\min} зубьев, охватываемых общей нормалью, определяют по математическим выражениям

$$Z_{\max} = \frac{1}{\pi} \cdot \left(\frac{d_a \cdot \sin \alpha_a}{m \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta_b} + \frac{\pi}{2} - 2 \cdot x \cdot \operatorname{tg} \alpha - Z \cdot \operatorname{inv} \alpha_t \right) - \frac{f}{0,6 \cdot m}. \quad (3)$$

$$Z_{\min} = Z_{\max} - 2,$$

где Z_{\max} - округляют до ближайшего меньшего целого числа; d_a - диаметр окружности вершин зубьев колеса; m - нормальный модуль; β_b - основной угол наклона зубьев; α_a - угол профиля на окружности вершин; α_t - угол профиля (для непрямоугольных колес), $\operatorname{inv} \alpha_t = \operatorname{tg} \alpha_t - \alpha_t$; α - угол профиля зуба исходного контура; x - коэффициент смещения исходного контура; Z - число зубьев контролируемого зубчатого колеса; f - величина фаски.

Изменение числа зубьев, охватываемых общей нормалью, в диапазоне от Z_{\min} до Z_{\max} приводит к тому, что точка контроля перемещается по профилю 1 зуба 2, что позволяет контролировать профиль 1 в различных его точках и тем самым повысить точность контроля.

В выражении (3) наличие фаски на вершине зуба 2 учитывается дополнительным членом $f/0,6$.

Так, для зубчатого колеса с 35 зубьями после соответствующих вычислений получим

$$Z_{\max} = 6,1 - \frac{f}{0,6 \cdot m}. \quad (4)$$

Тогда у зубчатого колеса без фаски общей нормалью можно охватить максимум 6 зубьев, при этом точка контроля лежит на расстоянии $0,053m$ от вершины зуба. Если это зубчатое колесо имеет фаски на вершинах зубьев, величина которых составляет $f=0,08m$, то фаски отсекают точки контроля у вершины зубьев. Тогда общей нормалью можно охватить максимум 5 зубьев, что подтверждается расчетами по выражению (4) после округления результата до ближайшего меньшего целого числа

$$Z_{\max} = 6,1 - \frac{0,08 \cdot m}{0,6 \cdot m} = 5,97.$$

Выводы и направления дальнейших исследований. Результаты проделанной работы позволили сформировать комплекс, включающий методологию исследования эксплуатационных параметров тяжело нагруженных передач, технологию улучшения контактных свойств поверхности (плазменная закалка), повышение точности профилирования зубообрабатывающего инструмента и соответственно контрольно-измерительные средства.

Список литературы

1. Калашников С.Н., Калашников А.С., Зубчатые колеса и их изготовление – М.: Машиностроение, 1983. – 264 с.
2. Жоган Б.И. Обработка зубьев цилиндрических крупномодульных зубчатых колес. Учебное пособие. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2003.
3. Лапшев С.И., Борисов А.Н. Геометрическая модель формирования поверхностей режущими инструментами. // СТИН, 1995. № 4. С. 2226.
4. А.С. №1739179 СССР. Кл. G01 В 5/20. Способ контроля профилей зубьев зубчатых колес / И.Н. Позняков, В.П. Нечаев, М.Н. Коротких. Опубл. Бюл. № 21. 07.06.92.

Рукопись поступила в редакцию 18.02.13