

УДК 621.914.6

Ю. А. Коротаев, доктор технических наук, профессор, Пермский национальный исследовательский политехнический университет

В. А. Иванов, доктор технических наук, профессор, Пермский национальный исследовательский политехнический университет

В. К. Первозников, кандидат технических наук, доцент, Пермский национальный исследовательский политехнический университет

А. Н. Алпатов, аспирант, Пермский национальный исследовательский политехнический университет

ПРОГРЕССИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ФАСОННЫХ ЧЕРВЯЧНЫХ ФРЕЗ ДЛЯ ОБРАБОТКИ РОТОРОВ ВИНТОВЫХ ГИДРОМАШИН

Приведены конструктивные и технологические особенности цельных и сборных фасонных червячных фрез, позволившие повысить точность профиля, уменьшить шероховатость винтовой поверхности роторов и увеличить стойкость фрез.

Ключевые слова: роторы, червячные фрезы (сборная и цельная), затылование, поворотные рейки.

Роторы винтовых гидромашин (винтовых забойных двигателей и винтовых насосов) представляют собой многозаходные винты длиной до 6000 мм, числом заходов (зубьев) от 2 до 10, наружным диаметром от 20 до 170 мм и углом наклона витков от 10 до 50° [1, 2]. Профиль роторов очерчен непрерывной выпукло-вогнутой циклоидообразной кривой. Допускаемые предельные отклонения основных размеров следующие: профиля $\pm (0,05...0,10)$ мм, диаметров выступов и впадин – $(0,10...0,15)$ мм, хода винтовой линии $\pm 0,5$ мм, прямолинейности образующей зубьев – 0,2 мм по всей длине ротора.

Допуски на отклонения основных геометрических параметров показывают, что роторы винтовых гидромашин являются уникальными зубчатыми деталями.

Зубья роторов нарезаются по методу обката фасонными червячными фрезами, которые имеют нулевой передний угол, сложны в изготовлении, имеют недостаточную стойкость и не обеспечивают требуемой шероховатости зубьев роторов. Поэтому разработка инструмента для формообразования зубьев роторов представляет собой сложную научно-техническую задачу.

На основании многолетнего опыта проектирования, изготовления и эксплуатации зубообрабатывающих инструментов разработаны прогрессивные конструкции и технология изготовления цельных и сборных фасонных червячных фрез для нарезания роторов винтовых гидромашин.

На рис. 1. представлена цельная фасонная червячная фреза для обработки роторов винтовых гидромашин, имеющая следующие отличия от применяемых ранее фрез:

– положительный передний угол γ ;

– прямые стружечные канавки параллельны оси фрезы;

– задняя поверхность зубьев выполнена как поверхность, огибаемая дисковым фасонным шлифовальным кругом, ось которого располагается параллельно оси фрезы.

Достижение положительного переднего угла $\gamma = 8...10^\circ$ стало возможным благодаря применению точного метода расчета профиля затыловочного круга [2] и разработке простого и удобного метода контроля заточки и переточки фрез [2, 3]. Внедрение червячных фрез с углом $\gamma = 8...10^\circ$ позволило уменьшить величину шероховатости зубьев деталей с $R_a = 6,3...12,5$ мкм до $R_a = 3,2$ мкм, увеличить стойкость инструмента в 1,5...2 раза по сравнению с фрезами, у которых передний угол равен нулю; обеспечить качественную обработку роторов из стали 40Х, а также из нержавеющей стали 20Х13, склонной к налипанию стружки к режущим поверхностям инструмента.

Применение прямых стружечных канавок, параллельных оси фрезы, приводит к снижению технологичности изготовления и контроля параметров фрез. Проведенные нами исследования подтвердили, что угол подъема витков червяка до 5° позволяет выполнять прямые стружечные канавки параллельно оси фрезы и для фасонных червячных фрез, применяемых для формообразования зубьев роторов винтовых гидромашин.

Затылование зубьев фрезы при параллельных осях затыловочного круга и фрезы также упрощает технологию ее изготовления и контроля и повышает точность профиля обработанных зубьев роторов. Ранее при затыловании фрез угол ε скрещивания осей круга и фрезы принимался равным углу γ_H подъема витков основного червяка фрезы. Это вызы-

вало интерференцию (пересечение) задних поверхностей. Задняя поверхность такой же червячной фрезы,

затылованной при параллельных осях, получается плавной, без интерференции [2].

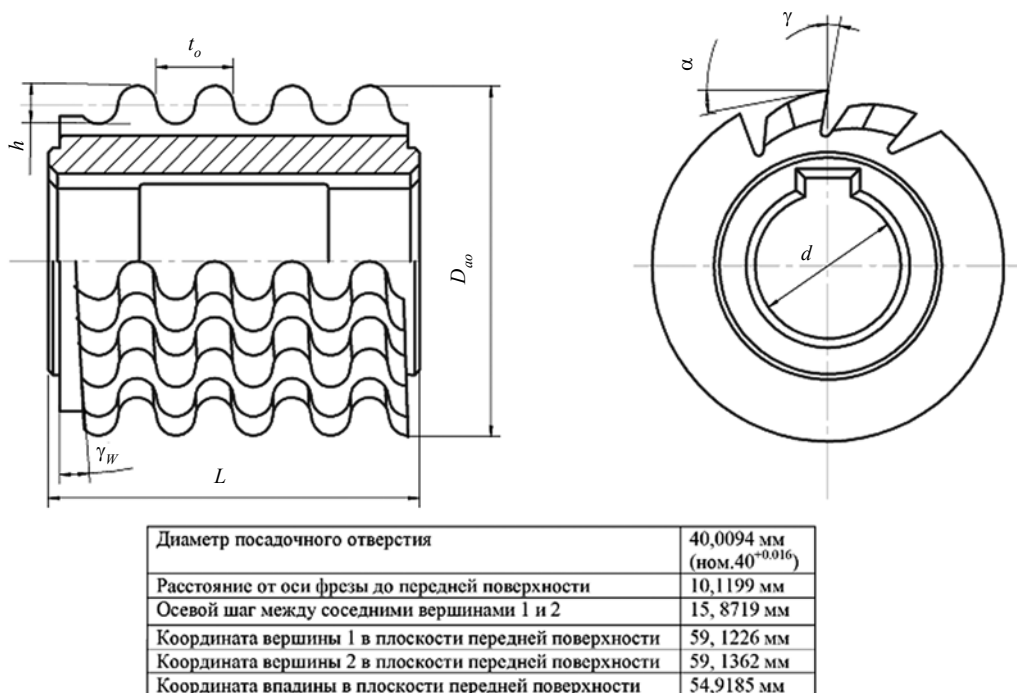


Рис. 1. Целая фасонная червячная фреза

Новый способ затылования фрез упростил настройку затыловочного станка, обеспечил повышение точности контроля высоты зубьев фрезы за счет исключения уступов на режущих кромках, вследствие чего повысилась точность профиля обрабатываемых деталей. Этому способствовало также исключение влияния неточной осевой установки круга для затылования фрезы.

Затылование 2-заходных червячных фрез выполняется двухниточным (гребенчатым) кругом, который правится двухниточным накатником. Ось круга в этом случае также располагается параллельно оси фрезы.

Применение предложенного способа затылования двухзаходных фрез позволило исключить необходимость деления на заходы и повысить производительность затылования, упростить технологию изготовления фрез, повысить их точность и производительность зубообработки в 1,5 раза.

Наружный диаметр D_{ao} целых фрез выбирается из ряда чисел: 112, 118, 140, 150, 180 мм при условии, что угол подъема витков основного червяка фрезы не превышает 5° .

Число стружечных канавок n назначается 14...16 для однозаходных фрез и 16...18 – для двухзаходных. Длина фрезы L принимается равной ее наружному диаметру (не менее 2 шагов), а задний угол $\alpha = 9...10^\circ$.

При изготовлении целых червячных фрез применяется следующий инструмент второго порядка:

- прорезной резец для прорезки витков фрезы;
- затыловочный резец для предварительного затылования фрезы;

– дисковый шлифовальный круг и накатник для его правки;

– шаблон для предварительного контроля профиля режущих кромок в плоскости передней поверхности.

У новых непереточенных фрез проверяется высота зуба в проекции на осевую плоскость и профиль режущих кромок на 3-координатной измерительной машине.

При переточках червячных фрез контролируется только высота зуба в проекции на ее осевую плоскость. Это обеспечивает автоматическую корректировку профиля фрезы и позволяет в 2 раза уменьшить систематические погрешности ее профиля после переточек. Для возможности контроля заточки и переточки непосредственно на рабочем месте заточника разработано специальное приспособление [2].

Комплексная проверка червячной фрезы выполняется путем нарезания контрольного образца в виде зубчатого диска, профиль которого проверяется на 3-координатной измерительной машине.

При большом межосевом расстоянии между нарезаемым ротором и инструментом и при высоте зубьев ротора 14...16 мм диаметр червячной фрезы получается больше 200 мм. В этом случае червячные фрезы изготавливаются сборными с поворотными рейками (рис. 2). Фреза имеет корпус 1 с продольными пазами, в каждом из которых размещено по две зубчатые рейки 2, закрепленные одним радиальным клином 3, установленным между опорной задней и передней поверхностями зубчатых реек. До упора в торцы реек 2 и клиньев 3 установлены крышки 4, 5, закрепленные винтами 6.

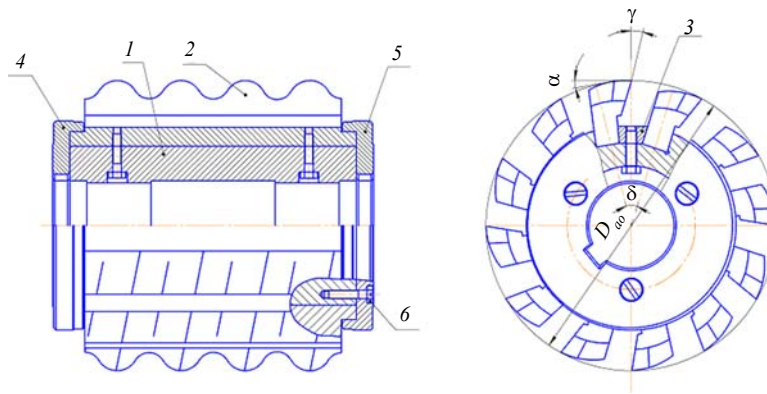


Рис. 2. Сборная фасонная червячная фреза с поворотными рейками

Схема расположения зубчатых реек представлена на рис. 3. Центрирование правой зубчатой рейки в пазу корпуса 1 (рис. 3, а) осуществляется путем базирования ее опорной передней поверхности 7 и основания 8 на соответствующие опорную переднюю поверхность 9 и основание 10 паза корпуса 1. Центрирование левой зубчатой рейки 2 в пазу корпуса 1 осуществляется путем базирования ее задней опорной поверхности 11 и основания 12 на соответствующие опорную заднюю поверхность 13 и основание 14 паза корпуса 1.

Для упрощения изготовления фрезы опорные задние поверхности 11, 15 зубчатых реек 2 выполнены параллельными их передним опорным поверхностям 16, 7 и осям симметрии хвостовой части реек, а угол между опорными поверхностями, основаниями 8, 12 реек и пазов 10, 14 корпуса 1 составляет 90° .

Радиальный клин 3 установлен между задней опорной поверхностью 15 правой рейки 2 и передней опорной поверхностью 16 левой рейки 2. Угол δ клина 3 равен углу между осями симметрии хвостовых частей реек 2 и определяется по выражению

$$\delta = \frac{2\pi}{n},$$

где n – число зубчатых реек.

Так как число зубчатых реек меньше 45, то угол клина δ получается больше 8° , что не обеспечивает самоторможения клина. Поэтому в разработанной фрезе крепление клина 3 выполнено болтами 17, головки которых расположены в специальных кольцевых выточках 18, выполненных с обеих сторон корпуса 1.

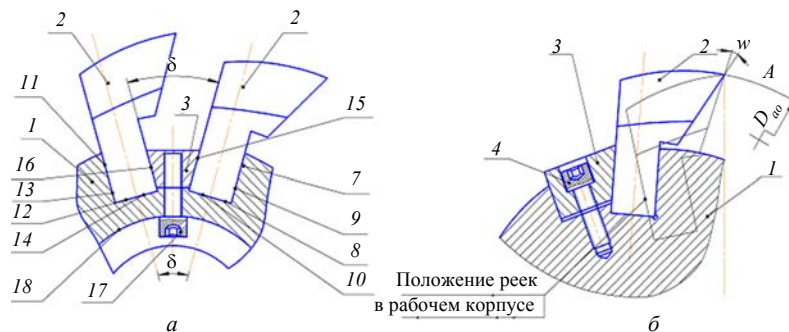


Рис. 3. Схема расположения зубчатых реек: а – в рабочем корпусе; б – в технологическом корпусе

Для упрощения изготовления фрезы предварительная обработка профиля зубчатых реек выполняется в технологическом корпусе (см. рис. 3, б), окончательное затылование и заточка в сборе – в рабочем корпусе (см. рис. 3, а).

Расчет профиля режущих кромок червячных фрез, а также профиля инструментов второго порядка выполняется с использованием методики комплексного профилирования [3], которая позволяет:

- смоделировать процессы формообразования как режущих кромок, так и профиля обрабатываемых деталей с учетом особенностей конструкции червяч-

ных фрез, применяемой технологии затылования и переточки фрезы;

- рассчитать точно профиль инструментов второго порядка: прорезного и затыловочного резца, дискового шлифовального круга, а также форму режущих кромок фрезы с любой степенью сточенности с целью контроля с использованием измерительных устройств;

- исследовать и установить влияние неточностей изготовления, переточки и установки фрез на погрешности профиля обрабатываемых деталей;

- управлять точностью режущей части инструмента и профиля обрабатываемых деталей путем

корректировки параметров инструмента на стадии его проектирования.

По составленному алгоритму разработана программа для ЭВМ, которая позволила автоматизировать расчеты и значительно сократить время на проектирование и исследование инструмента.

Выводы

1. Разработаны прогрессивные конструкции цельных и сборных фасонных червячных фрез повышенной точности. С этой целью использована совокупность следующих параметров: положительный передний угол, прямые стружечные канавки, затылование при параллельных осях дискового круга и червячной фрезы.

2. Установлены факторы, влияющие на шероховатость поверхности зубьев ротора, стойкость инструмента и производительность обработки. Внедрение прогрессивных конструкций червячных фрез

позволило увеличить стойкость фрез в 1,5...2 раза, уменьшить шероховатость зубьев ротора до $R_a = 3,2$ мкм.

Библиографические ссылки

1. Балденко Д. Ф., Балденко Ф. Д., Гноевых А. Н. Винтовые гидравлические машины. – Т. 2. Винтовые забойные двигатели. – М.: ИРЦ Газпром, 2007. – 470 с.

2. Коротаев Ю. А. Технологическое обеспечение долговечности многозаходных винтовых героторных механизмов гидравлических забойных двигателей. – М.: ВНИИОЭНГ, 2003. – 260 с.

3. Коротаев Ю. А., Цепков А. В. Прогрессивная технология зубообработки роторов гидравлических винтовых двигателей и насосов с циклоидообразным профилем зубьев: Технологические системы в машиностроении // Труды междунар. конф. – Тула, 2002. – С. 288–292.

Yu. A. Korotayev, DSc in Engineering, Professor, Perm National Research Polytechnic University

V. A. Ivanov, DSc in Engineering, Professor, Perm National Research Polytechnic University

V. K. Perevoznikov, PhD in Engineering, Associate Professor, Perm National Research Polytechnic University

A. N. Alpatov, Post-graduate, Perm National Research Polytechnic University

Progressive Fitting Hob Designs for Manufacturing Hydromachines Rotors

The paper presents technological and design features of solid and assembled fitting hobs that allowed enhancing the profile accuracy, reducing the rotor helical surface roughness and extending the hob life.

Key words: rotors, hobs (assembled and solid), backoff, rotary racks.

УДК 656.13.658

Л. Ш. Кадырова, аспирант, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

Р. С. Музафаров, кандидат технических наук, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

К ВОПРОСУ О ТРЕБОВАНИЯХ НА КОНСТРУКЦИЮ ПРИ УТИЛИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Рассмотрены вопросы утилизации транспортных средств, конструкции автомобильных компонентов и требования, предъявляемые к ним с точки зрения их дальнейшей утилизации. Предложено использование PDM-систем для организации электронных баз данных, позволяющих отслеживать с помощью электронных карт применение различных конструкций и материалов деталей.

Ключевые слова: утилизация автокомпонентов, вторичное использование сырья.

Выполнение требований по пригодности автомобилей к утилизации (рис. 1) ставит задачу по разработке конструкции, ориентированной на возможность переработки с целью повторного использования.

При выборе материалов для компонентов разрабатываемых автомобилей наряду с техническими, технологическими и экономическими параметрами приходится принимать во внимание следующие рекомендации:

– применять материалы, для которых уже существуют технологии утилизации;

– исключать покрытия, так как непокрытые материалы легче перерабатывать;

– сокращать количество и типы материалов в узле для упрощения сепарации;

– сокращать использование компонентов, состоящих из трудно разделяемых материалов.

Пригодность компонентов к утилизации накладывает специфические требования на способы соединения деталей и узлов автомобиля (рис. 2).

При этом рекомендуется:

– для компонентов, которые целесообразно демонтировать с отслужившего автомобиля для повторного использования, необходимо использовать крепежные изделия, позволяющие легко удалить компонент, предпочтительно без специальных инструментов;