

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОФИЛЯ ДОЛБЕЖНОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФИЛЬНЫХ ОТВЕРСТИЙ

Понкратов П.А.¹, Барботько А.И.¹, Разумов М.С.¹, Гладышкин А.О.¹

¹ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет», Курск, Россия (305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94), e-mail: kuper31@rambler.ru

Особое место в машиностроении занимают соединения и детали машин, имеющие элементы, в поперечном сечении которых заложен периодический профиль – профильные соединения, зубчатые колеса, кулачки, муфты. Статья посвящена проектированию долбежного инструмента для формообразования внутренних поверхностей моментопередающих соединений. Одним из основных составляющих этапов проектирования долбежного инструмента является определение истинного контура в нулевом сечении долбяка для обработки втулочной части профильного соединения двух диаметров в зависимости от типоразмера профильной части и углов заточки долбяка, обеспечивающих наилучшие условия резания. Приведенный способ определения погрешности в нулевом сечении может быть использован в дальнейшем при автоматизации выполняемых расчетов с целью определения истинного контура инструмента и задания правильной геометрии обрабатываемой детали профильных соединений.

Ключевые слова: долбяк, втулка, профильное соединение, искажение профиля.

PROFILE DESIGNING TOOL FOR FORMING MORTISING PROFILE HOLES

Ponkratov P.A.¹, Barbotko A.I.¹, Razumov M.S.¹, Gladyshevskiy A.O.¹

¹South-West State University, Kursk, Russia (305040, Kursk, street 50 let Oktyabrya, 94), e-mail: kuper31@rambler.ru

A special place is occupied by the compound in mechanical engineering and machine parts that are elements in the cross section of which is laid periodic profile - profile connections, gears, cams, clutches. Article is devoted to the design of slotting tool for shaping the inner surfaces transmitting moment connections. One of the main components of the design stages of slotting tool is the determination of the true contour of the zero-section gear cutter for processing hub of the profile connection of two diameters, depending on the size and profile of the gear cutter sharpening angles that provide the best cutting conditions. The above method of calculating the error in the zero-section can be used in the future for automation of calculations performed in order to determine the true contour of the tool and set the correct geometry of the workpiece profile connections.

Keywords: pinion cutter, spigot, profile connection, profile distortion.

Особое место в машиностроении занимают соединения и детали машин, имеющие элементы, в поперечном сечении которых заложен периодический профиль – профильные соединения, зубчатые колеса, муфты.

Профильные соединения в нормальном сечении могут иметь самые различные формы. Наиболее простыми являются сечения в виде правильных многогранников, другие описываются сложными замкнутыми кривыми, профиль которых зависит от конкретных функциональных особенностей и значения детали в узле машины.

В основном соединения на основе некруглых поверхностей двух диаметров [7] предназначены для передачи крутящего момента сопряженными поверхностями деталей машин, режущих и вспомогательных инструментов [5]. Обладая высокой нагрузочной способностью, бесшумностью при меньших габаритах, по сравнению со шлицевыми и шпоночными [6], профильные соединения не распространены в отечественном

машиностроении ввиду сложности изготовления.

Применение долбежного инструмента для обработки деталей профильных соединений, построенных на основе некруглых поверхностей двух диаметров, является наиболее приемлемым ввиду возможности ведения обработки на одном технологическом оборудовании как наружных, так и внутренних контуров деталей с достаточно высокой степенью точности и качеством. Распространенность долбежного оборудования на предприятиях машиностроительной отрасли является дополнительным преимуществом ввиду отсутствия в таком случае необходимости закупки узкоспециализированного либо оборудования на базе станков с ЧПУ и, как следствие, необходимости в дополнительных промышленных площадях.

На основе научно-производственной базы кафедры «Машиностроительные технологии и оборудование» Юго-Западного государственного университета был разработан способ проектирования фасонного долбяка, сущность которого заключается в решении задачи получения профиля инструмента в зависимости от условий обработки [3; 4; 8] (рис. 1). Данный способ применим при проектировании долбяков для обработки как валов, так и втулок. Проектирование и дальнейшая обработка для окончательных проходов происходит при обеспечении межосевого расстояния из условия:

$$L = e \cdot k, \quad (1)$$

где: L – эксцентриситет, e – разницы радиусов описанной и вписанной окружностей сечения профиля, k – коэффициент, учитывающий размерность предварительно расточенного под долбяк отверстия ($k \geq 1$).

Для выражения (1) значение коэффициента k выбирается из условия прохождения долбяка по максимальным габаритам с учетом обеспечения технологического зазора в предварительно подготовленное отверстие под долбление профиля втулки.

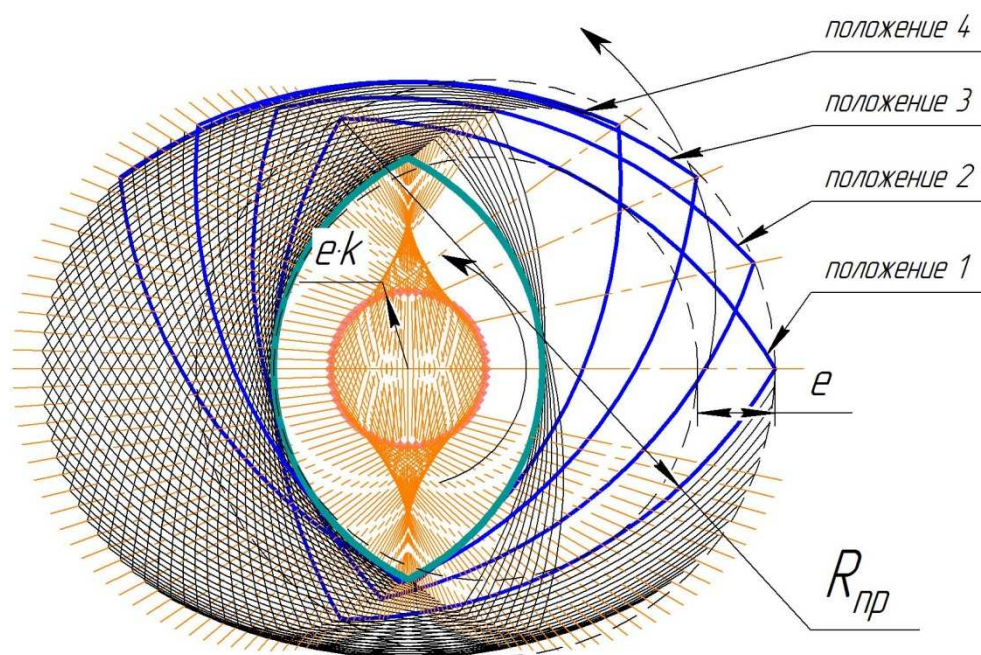


Рис. 1. Схема проектирования исходного контура долбяка в нулевом сечении: R_{np} – радиус окружности, образующей грань профильной части двух диаметров, e – разницы радиусов описанной и вписанной окружностей сечения профиля, k – коэффициент

Несмотря на широкий спектр технологических возможностей обработки деталей машин в условиях современного производства, обработка отверстий специального профиля зачастую является наиболее проблематичной и трудоемкой операцией. Следует рассмотреть пример формирования втулки, имеющей профиль поверхности двух диаметров с использованием узкоспециализированного долбежного инструмента и стандартного оборудования.

Инструмент с наименьшим числом режущих сторон обладает рядом преимуществ по сравнению с многокромочным ввиду единства обрабатываемой базы для всей совокупности обрабатываемых сторон [2]. Однако при проектировании подобного инструментального обеспечения для втулки возникает эффект подрезания вершиной долбяка вершин втулки при условии применения генераторной схемы съема припуска. Ввиду вышесказанного были опробованы конструкции с числом режущих кромок, равным числу сторон втулки и меньшим (рис. 2).

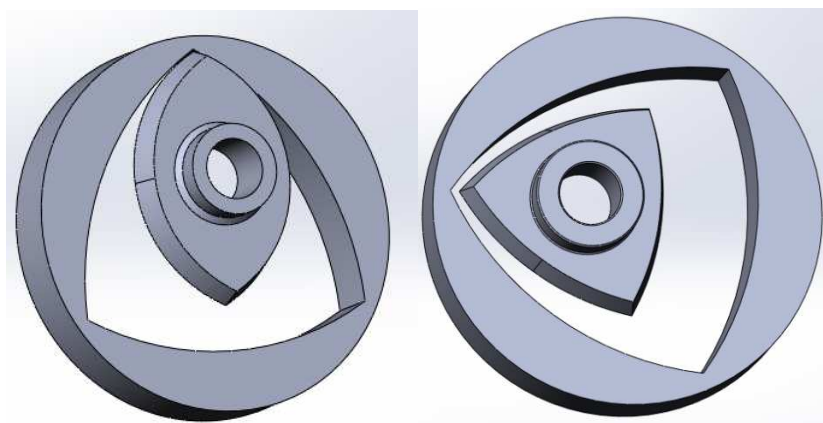


Рис. 2. Долбьяки для обработки втулки на основе профиля двух диаметров

В процессе экспериментального проектирования было выявлено, что при использовании долбьяка с тремя формообразующими кромками не обеспечивается формирование вершин втулки, что приводит к искажению обрабатываемого профиля. При использовании долбьяка с двумя гранями происходит полное формирование втулочной части. Преимущество данного вида долбьяка проявляется в меньшей кривизне профиля режущей кромки и меньшей степени огранки обработанных сторон втулки.

В процессе изготовления, при заточке профильного долбьяка неминуемо возникает погрешность производящего профиля, что отражается на геометрии обработанной детали. Для компенсации данного искажения, а также с целью оценки степени точности долбьяка требуется определить его истинный контур с учетом накладываемых углов. Для вычисления математической зависимости воспользуемся статистическим анализом планирования эксперимента [1]. Для полного многофакторного эксперимента примем следующие изменяемые параметры: γ – угол заточки долбьяка по передней поверхности, α – угол заточки по задней поверхности, φ – угол поворота секущей плоскости, в которой производится замер погрешности для данной конкретной точки при определенных углах γ и α , D – диаметр окружности, формообразующей грани поверхности двух диаметров (рис. 3).

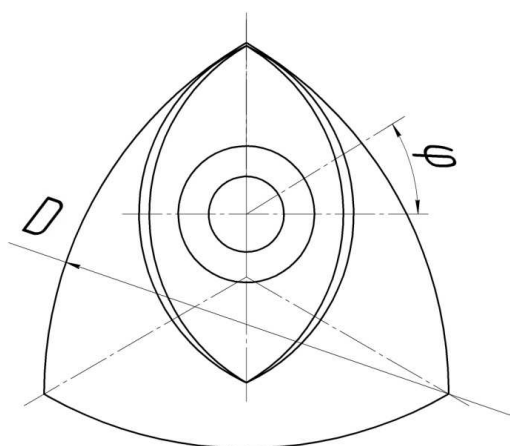


Рис. 3. Схема наложения «профиль двух диаметров – контур долбьяка»

Формула для вычисления погрешности производящего контура в нулевом сечении долбяка является системой из шести уравнений, разбитых по градусной мере исследуемых участков режущей кромки. Разделение обосновано повышением точности за счет разбиения режущей кромки на равные участки с меньшим искажением и увеличением адекватности математической зависимости [7]. Для выполнения расчета принимаются следующие условия проектирования $\alpha = 3-12^\circ$, $\gamma = 3-10^\circ$, $\varphi = 0-90^\circ$, $D = 60-85$ мм.

$$\left\{ \begin{array}{ll} \Delta_1 = e^{-10,6764} \cdot \alpha^{0,9974+0,0149 \ln \gamma} \cdot \gamma^{0,9947-0,0032 \ln \varphi} \cdot \varphi^{0,0053-0,0033 \ln \alpha} \cdot D^{1,0011}, & 0^\circ \leq \varphi \leq 15^\circ \\ \Delta_2 = e^{-9,885} \cdot \alpha^{0,9348+0,0191 \ln \varphi} \cdot \gamma^{0,9312+0,0161 \ln \alpha} \cdot \varphi^{-0,2864+0,0194 \ln \gamma} \cdot D^{1,0017}, & 15^\circ \leq \varphi \leq 30^\circ \\ \Delta_3 = e^{-9,4973} \cdot \alpha^{0,9894+0,0169 \ln \gamma} \cdot \gamma^{0,989} \cdot \varphi^{-0,3709} \cdot D^{1,0006}, & 30^\circ \leq \varphi \leq 45^\circ \\ \Delta_4 = e^{-6,1915} \cdot \alpha^{0,495+0,1906 \ln \gamma} \cdot \gamma^{0,6814+0,0809 \ln \varphi} \cdot \varphi^{-1,2425+0,128 \ln \alpha - 0,0451 \ln \alpha \ln \gamma} \cdot D^{1,0046}, & 45^\circ \leq \varphi \leq 60^\circ \\ \Delta_5 = e^{-0,7596} \cdot \alpha^{1,0287} \cdot \gamma^{1,0269} \cdot \varphi^{-2,5717} \cdot D^{1,0017}, & 60^\circ \leq \varphi \leq 75^\circ \\ \Delta_6 = e^{54,8331} \cdot \alpha^{1,0329} \cdot \gamma^{1,0312} \cdot \varphi^{-15,4144} \cdot D^{0,9644}, & 75^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ \end{array} \right.$$

Данная система уравнений позволяет вычислять искажение контура заточенного долбяка по отношению к контуру «идеального» долбяка с точностью до 0,0004 мм.

Вычисленную систему уравнений по определению погрешности возможно в дальнейшем использовать на практике для автоматического расчета и получения профиля исходного контура долбяка с учетом искажения, что позволит повысить точность обработки сопрягаемых профильных деталей.

Список литературы

1. Барботько А.И. Математическая статистика в машиностроении: алгоритмы расчетно-практических работ : учеб. пособие / А.И. Барботько, А.О. Гладышкин; Курск. гос. техн. ун-т. - Курск, 2006. - 320 с.
2. Барботько А.И. Метод генераторной обработки профильных валов долбяками / А.И. Барботько, П.А. Понкратов, М.С. Разумов // Материалы V Международной научно-технической конференции «Машиностроение – основа технологического развития России ТМ-2013». – Курск, ЮЗГУ, 2013. – С. 440-442.
3. Барботько А.И., Понкратов П.А., Разумов М.С. Способ графического проектирования долбяков при обработке профильных валов : патент Рос. Федерации № 2011142677/02, заяв. 21.10.2011; опубл. 27.04.2013 г.

4. Барботько А.И., Савин С.И., Понкратов П.А., Разумов М.С. Обратное проектирование рабочей части профильных долбяков : свидетельство об официальной регистрации в Реестре программ для ЭВМ № 2012618887 от 02.10.2012.
5. Каталог инструмента SandvikCoromant серии Coromant Capto. - URL: http://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/products/coromant_capto/pages/default.aspx (дата обращения: 19.09.13).
6. Лакирев С.Г. и Чиненов С.Г. Математическое моделирование и новые принципы формообразования некруглых поверхностей. – Челябинск : ЧГТУ, 1994. - Т. 1.
7. Понкратов П.А. Технологическая разработка инструментальных систем обработки некруглых поверхностей двух диаметров // Материалы конкурса молодежных научно-исследовательских работ. – СПб. : Санкт-Петерб. гос. политех. ун-т, 2013. - С. 14-16.
8. Понкратов П.А., Разумов М.С. Проектирование долбяка для формообразования фасонных поверхностей на примере правильного шестигранника // Техника и технологии: пути инновационного развития : материалы международной научно-практической конференции. - Курск, 2011. - С. 103-107.

Рецензенты:

Киричек А.В., д.т.н., профессор, проректор по научной работе, ЮЗГУ, г. Курск.

Атакищев О.И., д.т.н., профессор, проректор по информатизации и специальным проектам, ЮЗГУ, г. Курск.