

## **Профилирование долбяков с наклонной осью для обработки шлицевых валов**

*Национальный аэрокосмический университет «ХАИ» им. Н. Е. Жуковского  
Киевский авиационный техникум  
Национальный технический университет Украины «КПИ»*

Решена задача профилирования зуборезных долбяков с наклонной осью для обработки шлицевых валов, имеющих коническую поверхность, ось которой совпадает с осью долбяка.

**Ключевые слова:** долбяки, шлицевой вал, профиль, инструментальная поверхность.

### **Вступление**

В современном машиностроении широкое распространение получили шлицевые валы, которые обрабатывают различными инструментами при различных схемах формообразования. Анализ тенденций развития теории формообразования поверхностей показывает, что одним из эффективных путей практической реализации результатов научных исследований, является освоение новых схем формообразования и создание на их основе новых высокопроизводительных режущих инструментов. На сегодняшний день практический интерес представляет схема формообразования второго класса, соответствующая качению без скольжения круглого конуса, связанного с заготовкой, по круглому конусу, связанному с инструментом. По этой схеме могут обрабатываться шлицевые валы долбяками с наклонной осью.

В небольшом количестве выполненных исследований [1, 2, 4] доказана перспективность исследования рассматриваемого процесса формообразования и применяемого инструмента.

Быстрорежущие долбяки с наклонной осью проектируют с положительными передними углами, передняя поверхность которых является круглой конической поверхностью. При пересечении исходной инструментальной поверхности с конической передней поверхностью создается фасонная режущая кромка. При определенной форме режущей кромки создается фасонная цилиндрическая задняя поверхность, образующие которой идут параллельно оси долбяка. Переточку долбяка с наклонной осью проводят по передней конической поверхности. Так как задняя поверхность долбяка с наклонной осью является цилиндрической поверхностью с образующими, параллельными оси, переточка долбяка не вносит никаких изменений в профиль нарезаемого колеса, в условия зацепления долбяка и обрабатываемой детали. У долбяка с наклонной осью все сечения, перпендикулярные его оси, имеют одинаковые размеры, в том числе и длина наиболее нагруженной вершинной кромки.

В результате независимо от условий зацепления долбяка и зубчатого колеса может выбираться большой величины длина зубьев долбяка, что приводит к возрастанию количества возможных переточек и общего срока службы инструмента. По сравнению со стандартными долбяками с винтовой задней поверхностью также упрощается технология изготовления долбяков с наклонной осью. Острым

недостатком, присущим стандартным долбякам и долбякам с наклонной осью, являются малые задние углы на боковых режущих кромках. Величины задних углов на боковых кромках зависят от величин задних углов на вершинных кромках. При выборе приемлемых величин задних углов на вершинных кромках величины задних углов на боковых режущих кромках создаются малой величины, что снижает работоспособность инструмента и сужает возможности создания целесообразной геометрии задней поверхности инструмента. В целях повышения работоспособности инструмента зуборезные долбяки с наклонной осью могут проектироваться с комбинированной задней поверхностью [5]. Задняя поверхность на боковых режущих кромках создается в форме фасонной цилиндрической поверхности в соответствии с выбранной сравнительно большой величиной угла наклона оси долбяка. Задняя же поверхность на вершинных кромках создается в форме конической поверхности с принятой величиной заднего угла. Подобная конструкция инструмента позволяет создавать независимые величины задних углов на вершинных и боковых режущих кромках. Рациональные величины передних углов на долбяках с наклонной осью могут быть получены путем подточки передней поверхности. Анализ показывает, что зуборезные долбяки с наклонной осью могут проектироваться с различными схемами их режущей части. Однако задачи теории проектирования различных типов зуборезных долбяков с наклонной осью разработаны недостаточно.

Цель этой статьи заключается в аналитическом решении задачи профилирования зуборезных долбяков с наклонной осью, имеющих фасонную переднюю поверхность, на основе исходной инструментальной поверхности, образованной по второму способу для обработки шлицевых валов.

### **Профилирование долбяков с конической передней поверхностью для обработки шлицевых валов**

Профилирование долбяков с наклонной осью заключается в определении режущей кромки, а также формы и профиля задней поверхности. В качестве передней поверхности принимают коническую поверхность, ось которой совпадает с осью долбяка. Положение образующих конической передней поверхности определяется выбранной величиной переднего угла  $\gamma$  на вершинной режущей кромке долбяка.

Задняя поверхность долбяка с наклонной осью создается, по технологическим соображениям в форме фасонной цилиндрической поверхности, образующие которой идут параллельно оси долбяка. В этом случае задний угол  $\alpha$  на вершинной режущей кромке будет равен углу  $\epsilon$  между осью обрабатываемого вала и осью долбяка. В зависимости от обрабатываемого материала и конструкции долбяка задние углы ( $\alpha = \epsilon$ ) быстрорежущего долбяка с наклонной осью выбирают в пределах  $6...25^\circ$ .

Режущую кромку долбяка определяют как линию пересечения конической поверхности с исходной инструментальной поверхностью. При обработке шлицевых валов исходная инструментальная поверхность создается с помощью вспомогательной производящей поверхности, сопряженной с поверхностью обрабатываемого вала. Исходная инструментальная поверхность является совокупностью различных профилей, в сечениях, перпендикулярных оси долбяка. Как правило, при определении исходной инструментальной поверхности ее профили в сечениях, перпендикулярных оси долбяка, заменяют дугами окружностей (рис. 1).

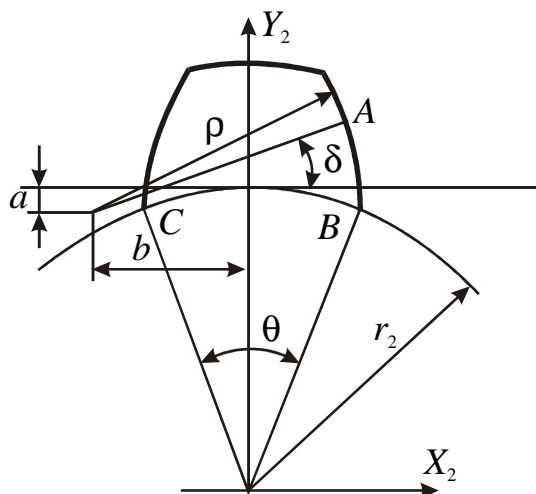


Рис. 1. Замена профилей в сечениях, перпендикулярных оси долбяка, дугами окружностей

Положение этих дуг окружностей в каждом сечении, перпендикулярном оси долбяка, характеризуются размерами  $a$  и  $b$ , которые определяют положение центра рассматриваемых дуг в системе координат  $X_2 Y_2$ , связанной с долбяком. Радиус заменяющей окружности обозначен через  $\rho$ . При переходе от одного сечения, перпендикулярного оси долбяка, к другому размеры  $a$ ,  $b$  и  $\rho$  изменяются.

При профилировании долбяков профили исходных инструментальных поверхностей в различных сечениях, перпендикулярных оси долбяка, считают известными.

Положение произвольной точки  $A$  на профиле исходной инструментальной поверхности задается углом  $\delta$ . Координаты точки  $A$  в системе  $X_2 Y_2$  будут такими:

$$X_A = \rho \cdot \cos \delta - b;$$

$$Y_A = r_2 + \rho \sin \delta - a,$$

где  $r_2$  — радиус начального цилиндра, связанного с долбяком.

Рассмотрим сечение  $II$ , перпендикулярное оси долбяка и проходящее через точку  $M$  (рис. 2).

Точка  $M$  лежит в плоскости, проходящей через ось шлицевого вала и ось зуборезного долбяка, и является точкой пересечения образующих начальных цилиндров шлицевого вала и долбяка. Под углом  $\gamma$  проводят образующую  $ML$  передней конической поверхности. Передняя коническая поверхность пересекается с сечением  $II$  по начальной окружности долбяка радиуса  $r_2$ . Поэтому в сечении  $II$  толщина  $S$  зуба долбяка на начальной окружности, равная дуге  $\cup BC$  (см. рис. 1), будет равна ширине впадины шлицевого вала, измеренной на его начальной окружности радиуса  $r_1$ :

$$S = \frac{2\pi r_1}{z} - \frac{4\pi r_1 \eta}{360},$$

где  $\sin \eta = \frac{h}{r_1}$ ;  $h$  — половина толщины зуба шлицевого вала;  $z$  — число зубьев шлицевого вала.



$$r_A = \frac{Y_A}{\cos \theta_A} = \frac{X_A}{\sin \theta_A},$$

где  $\operatorname{tg} \theta_A = \frac{X_A}{Y_A}$ .

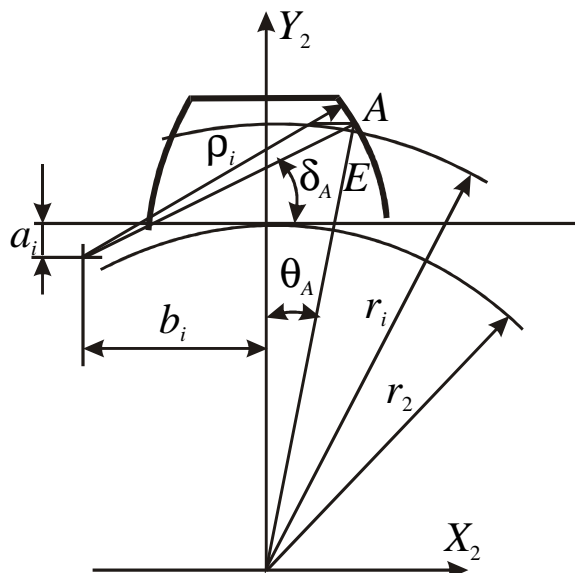


Рис. 3. Схема определения параметров профиля исходной инструментальной поверхности

Методом интерполяции определим радиус  $r_E$  и координаты  $X_E$ ,  $Y_E$  в системе  $X_2 Y_2$  точки  $E$  пересечения профиля исходной инструментальной поверхности и окружности радиуса  $r_i$ . Первым приближением будем считать точку  $A$ , положение которой характеризуется углом  $\delta_A$ . Для определения следующего приближения принимаем величину  $\Delta \delta$  изменения угла  $\delta_i$  и находим положение точки  $L_Z$  при угле  $\delta_L = \delta_A - \Delta \delta = \delta_1$ .

Координаты точки  $L$ :

$$\begin{aligned} X_L &= \rho_i \cos \delta_L - b_i; \\ Y_L &= r_2 + \rho_i \sin \delta_L - a_i. \end{aligned}$$

Радиус точки  $L$ :

$$r_L = \frac{Y_L}{\cos \theta_L} = \frac{X_L}{\sin \theta_L},$$

где  $\operatorname{tg} \theta_L = \frac{X_L}{Y_L}$ .

По аналогичной схеме определяют последующие приближения, принимая угол  $\delta_i = \delta_A \mp \Delta \delta \cdot n$ , и находят точку  $E$  на профиле исходной инструментальной поверхности, расположенную на окружности радиуса  $r_i$ . Таким образом, определяют точку  $E$  режущей кромки долбяка в произвольном сечении  $III$ . Крайним сечением, перпендикулярным оси долбяка (см. рис. 2), будет сечение  $IV$ . Величину  $\Delta Z$  для этого сечения получают по уравнению:

$$\Delta Z = \frac{H \cdot \sin(\gamma + \varepsilon)}{\cos \gamma},$$

где  $H$  — высота головки зуба вспомогательной производящей рейки, которая равна  $H = r_1 - r_f$ , где  $r_f$  — радиус окружности впадин обрабатываемого шлицевого вала.

Аналогично сечению III определяют точки режущей кромки в сечениях IV, V, ..., перпендикулярных оси долбяка. Заднюю поверхность долбяка с наклонной осью проектируют в форме цилиндрической поверхности, образующие которой идут параллельно оси  $Z_2$ .

Поэтому координаты  $X_2, Y_2$  точек режущей кромки будут также координатами точек профиля задней поверхности долбяка с наклонной осью. По технологическим соображениям профиль задней поверхности долбяка заменяют дугой окружности.

### Выводы

1. Решена задача профилирования зуборезных долбяков с наклонной осью с конической передней поверхностью для обработки шлицевых валов.
2. Рассмотренный способ профилирования зуборезного долбяка с наклонной осью, при котором профиль цилиндрической задней поверхности заменен дугами окружности, повышает технологичность изготовления режущего инструмента и снижает его себестоимость.

### Список литературы

1. Коноваленко В. И. Исследование схемы формообразования цилиндрических зубчатых колёс, включающие два вращения вокруг скрещивающихся осей: автореф. канд. техн. наук. / В. И. Коноваленко. — Одесса: ОПИ, 1977.
2. Основи формоутворення поверхонь при механічній обробці. / Н.С. Равська, П.Р. Родин, Т.П. Ніколаєнко, П.П. Мельничук. — Ж., 2000.
3. Родин П. Р. Профиль шлифованного круга для подточки передней поверхности долбяка. / П. Р. Родин, Ле Минь Нгон // Сб. Резание и инструмент. — Х., 1970. — Вып. 1.
4. Родин П.Р. Основы формообразования поверхности резанием / П.Р. Родин. — К.: Вища шк., 1977. — 192 с.

**Рецензент:** д-р. техн. наук, профессор Бычков С. А.,  
главный инженер ГП «АНТОНОВ», Киев

Поступила в редакцию 10.10.10

## **Профилирование долбяков с наклонной осью для обработки шлицевых валов**

Вирішено задачу профілювання довбачів з похилою віссю для обробки шлицьових валів, що мають конічну поверхню, вісь якої збігається з віссю довбача.

**Ключові слова:** долбачі, шлицьовий вал, профіль, інструментальна поверхня.

## **Shaping of inclined form cutters for splined shafts machining** **Профилирование долбяков с наклонной осью** **для обработки шлицевых валов**

The task of shaping of inclined form cutters for machining of splined shafts having the finite surfaces (the axle of which is coincided with the form cutter axle) is solved.

**Key words:** form cutters, splined shaft, shaped section, form cutter surface.