

Исходные инструментальные поверхности при обработке зубчатых реек

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

Рассмотрены процессы формообразования зубчатых реек зуборезными долбяками с наклонной осью, решена задача определения исходных инструментальных поверхностей по второму способу при обработке зубчатых реек.

Ключевые слова: формообразование, зубчатые рейки, зуборезные долбяки, наклонная ось.

Вступление

В машиностроении находят применение детали типа реек с фасонными цилиндрическими поверхностями. Подобные детали, как однозубые, так и многозубые, работают в исполнительных механизмах высокоточных и ответственных автоматических систем авиационной и космической техники. Известны различные способы обработки таких поверхностей, в частности фасонными фрезами, обкаточными инструментами. Рассматриваемые поверхности типа реек успешно могут обрабатываться долбяками с наклонной осью, работающими по схеме формообразования поверхностей резанием второго класса, которая сводится к качению круглого конуса, связанного с заготовкой, по круглому конусу, связанному с инструментом.

Анализ показывает, что схемы формообразования первого класса позволяют обрабатывать только поверхности, допускающие скольжение «самих по себе», такие, как фасонные цилиндрические поверхности, поверхности вращения и винтовые поверхности постоянного шага. Кинематические схемы формообразования второго и третьего классов могут использоваться как при обработке поверхностей, допускающих скольжение «самих по себе», так и сложных фасонных поверхностей с образующими переменного вида.

Ряд исследований [2, 3, 4] подтверждает перспективность этой схемы формообразования поверхностей зубчатых колёс, реек и других зубчатых деталей с эвольвентными и неэвольвентными профилями. Профилирование режущего инструмента, работающего по схеме формообразования поверхностей второго класса, сводится к определению формы режущей кромки, форм передних и задних поверхностей, обеспечивающих создание целесообразных величин геометрических параметров режущей части, рациональной схемы срезания припуска, возможность переточек инструмента при его эксплуатации. Режущую кромку определяют как линия пересечения исходной инструментальной поверхности и, как правило, передней поверхности инструмента.

Задача определения исходных инструментальных поверхностей заключается в нахождении огибающих поверхностей. Незначительное количество проведённых исследований [1] даёт возможность сделать вывод, что определять исходную инструментальную поверхность целесообразно по второму способу с использованием вспомогательной производящей поверхности, в качестве которой

для данной схемы формообразования принимают поверхность зуборезной рейки. Однако задача определения исходной инструментальной поверхности для обработки зуборезных реек долбяком с наклонной осью по второму способу не решена. Поэтому целью статьи является решение задачи определения исходной инструментальной поверхности по второму способу для обработки зуборезных реек долбяками с наклонной осью.

Определение исходной инструментальной поверхности

Схема формообразования деталей типа реек зуборезными долбяками с наклонной осью включает в себя прямолинейно-поступательное движение фасонных реек со скоростью \vec{V} и вращение долбяка вокруг своей оси с угловой скоростью $\vec{\omega}$ (рис. 1). Угол между осью долбяка и образующей фасонной цилиндрической поверхности реек равен ε .

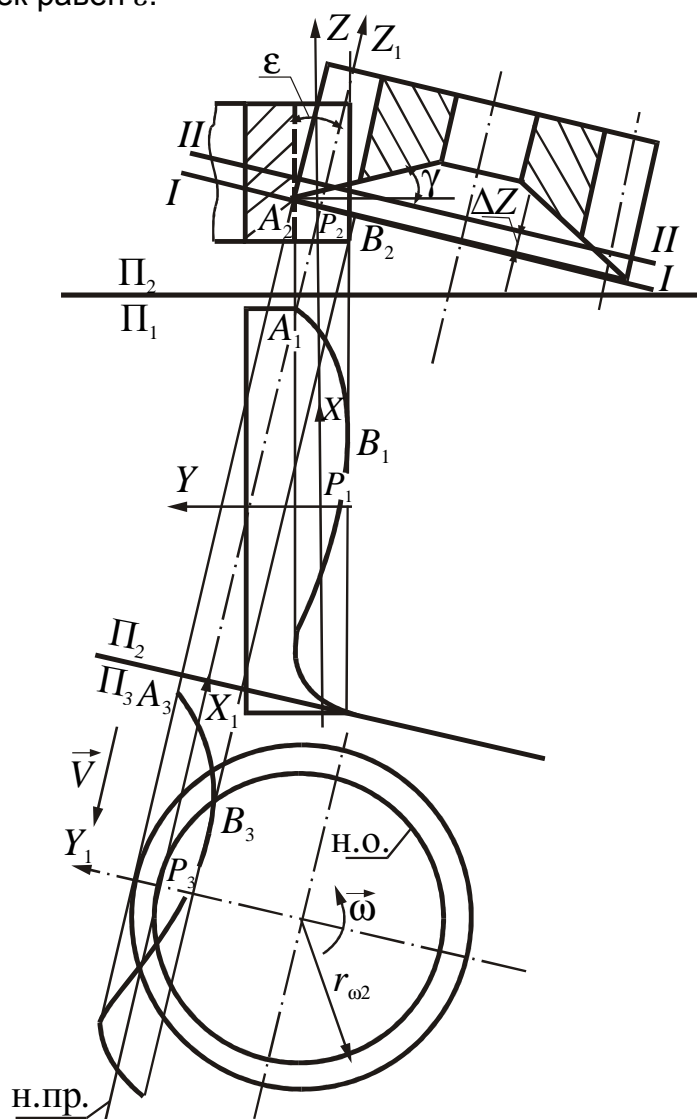


Рис. 1. Схема формообразования деталей типа реек зуборезным долбяком с наклонной осью

Относительное движение детали и инструмента является мгновенным вращением. Его можно представить как качение без скольжения начального круглого цилиндра, связанного с долбяком по начальной плоскости, которая связана с рейкой.

Радиус начального цилиндра определяют по формуле

$$r_{\omega 2} = \frac{V}{\omega}.$$

Начальная плоскость идет параллельно оси долбяка. В сечениях, перпендикулярных оси долбяка, наблюдается качение без скольжения начальной окружности долбяка по начальной прямой рейке.

Примем сечение $I-I$ за исходное. Выберем систему $X_1Y_1Z_1$ и систему XYZ . Начало координат систем расположим в сечении $I-I$ в полюсе зацепления P . В системе XYZ уравнение профиля поверхности детали будет таким:

$$Y = f(X).$$

В системе $X_1Y_1Z_1$ уравнение профиля поверхности детали имеет вид

$$Y_1 = \frac{f(X_1)}{\cos \varepsilon}.$$

С долбяком свяжем систему координат $X_2Y_2Z_2$. Начальное положение систем координат изображено на рис. 2, а, а в произвольный момент времени, когда система $X_2Y_2Z_2$ повернулась на угол t – на рис. 2, б.

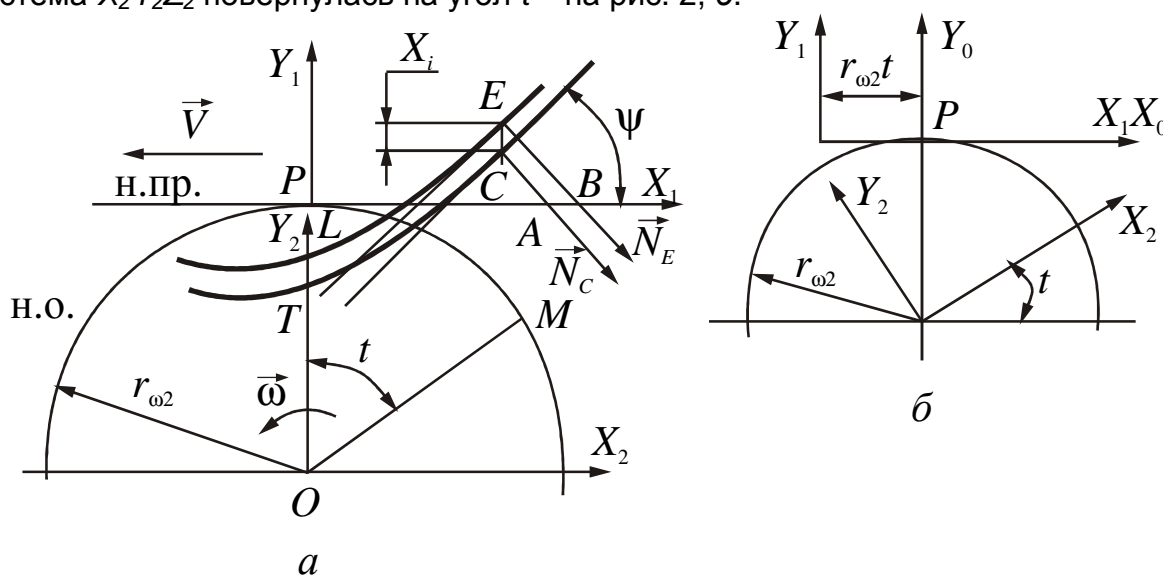


Рис. 2. Схема преобразования координат:
 а — начальное положение системы координат;
 б — положение системы координат при повороте на угол t

Формулы преобразования координат определяется уравнением

$$\left. \begin{aligned} X_2 &= (X_1 - r_{\omega 2}t) \cos t + (Y_1 + r_{\omega 2}) \sin t \\ Y_2 &= (Y_1 + r_{\omega 2}) \cos t - (X_1 - r_{\omega 2}t) \sin t \end{aligned} \right\}.$$

На профиле TC поверхности детали рассмотрим опорную точку $C (X_1, Y_1)$. Угол ψ наклона касательной в точке C

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{f'(X_1)}{\cos \varepsilon}.$$

Нормаль AC в точке C профиля детали пересечет начальную прямую в точке A . По свойству общих нормалей в тот момент, когда точка A попадет в полюс зацепления P , будет наблюдаться контакт точки C с сопряженной точкой долбяка.

Расстояние PA запишем как

$$PA = X_1 + Y_1 \operatorname{tg} \psi.$$

Перемещение начальной прямой на расстояние PA равно дуге PM начальной окружности:

$$PM = r_{\omega 2} t = X_1 + Y_1 \operatorname{tg} \psi.$$

Отсюда уравнение контакта имеет вид

$$t = \frac{X_1 + Y_1 \operatorname{tg} \psi}{r_{\omega 2}}.$$

Совместное рассмотрение уравнения профиля детали в системе $X_1 Y_1$, формул преобразования координат и уравнения контакта определяет профиль исходной инструментальной поверхности в принятом исходном сечении $I-I$.

Рассмотрим произвольное сечение $II-II$, отстоящее от исходного сечения $I-I$ на расстоянии, равном ΔZ (рис. 3). Сечение $II-II$ пересекается с поверхностью детали по линии, которая будет совпадать с профилем детали в сечении $I-I$, и будет удалено от оси долбяка на величину X_i , равную $\Delta Z \operatorname{tg} \varepsilon$.

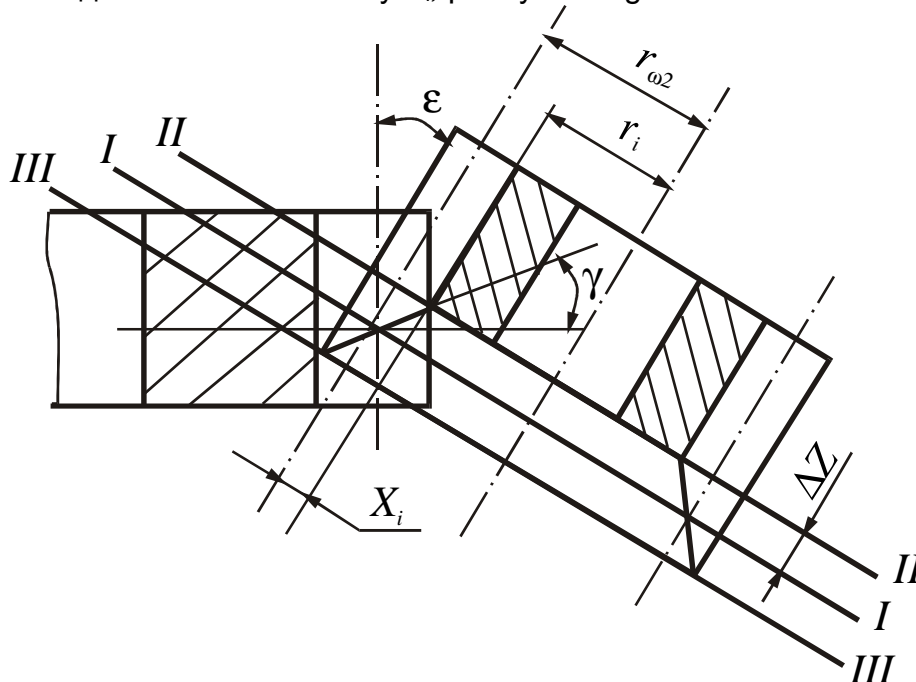


Рис. 3. Схема определения исходной инструментальной поверхности как совокупность профилей в различных сечениях

На профиле детали LE в сечении $II-II$ (см. рис. 2) рассмотрим точку E :

$$(X_E = X_1, \quad Y_E = Y_1 + X_i).$$

Нормаль BE в точке E пересечет начальную прямую в точке B . Расстояние PB определяется уравнением

$$PB = X_1 + (Y_1 + X_i) \operatorname{tg} \psi.$$

Отсюда уравнение контакта для произвольного сечения $II-II$ имеет вид

$$t = \frac{X_1 + (Y_1 + X_i) \operatorname{tg} \psi}{r_{\omega 2}}.$$

В соответствии с этим уравнением контакта в сечении $II-II$, аналогично сечению $I-I$, определяют профиль исходной инструментальной поверхности. Совокупность полученных подобным образом профилей в различных сечениях, перпендикулярных оси долбяка, будет искомым инструментом. Для профиля зуба рейки, изображенного на рис. 4, а, определены профили исходной инструментальной поверхности в различных сечениях $I-I$, $II-II$, $III-III$, перпендикулярных оси долбяка и изображенных на рис. 4, б.

При известной исходной инструментальной поверхности в соответствии с общей методикой проектирования инструментов режущую кромку определяют как линию пересечения исходной инструментальной и передней поверхностей. У долбяков с наклонной осью переднюю поверхность принимают в форме круглой конической поверхности. Радиус окружности пересечения передней конической поверхности и исходного сечения $I-I$ будет равен $r_{\omega 2}$. Эта окружность пересекается с профилем исходной инструментальной поверхности в точке C_3 . Поэтому точка C_3 будет точкой режущей кромки долбяка. Радиус окружности пересечения передней конической поверхности произвольного сечения $II-II$ (см. рис. 3)

$$r_{i2} = r_{\omega 2} - \Delta Z \operatorname{ctg} (\varepsilon + \gamma).$$

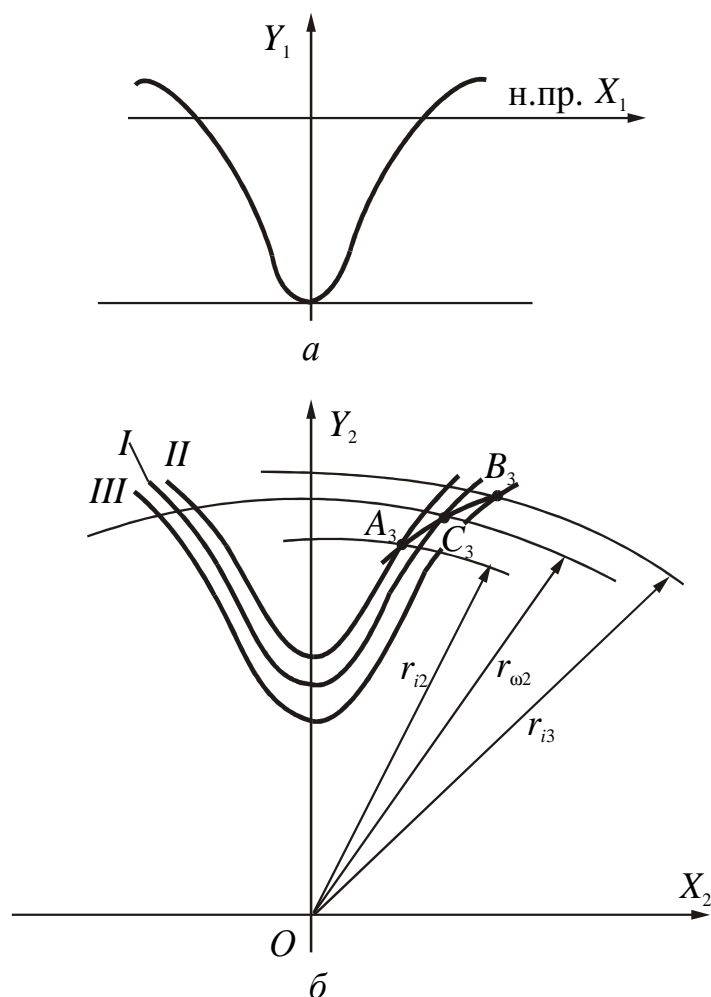


Рис. 4. Схема профилей исходной инструментальной поверхности и зуба рейки:
а – профиль зуба рейки; б – профили исходной инструментальной поверхности
в сечениях I, II, III

Эта окружность пересекается с исходной инструментальной поверхностью в точке A_3 (см. рис. 4, б). Точка A_3 будет точкой режущей кромки. Аналогичным образом находят другие точки режущей кромки долбяка. Заднюю поверхность долбяка с наклонной осью проектируют в форме цилиндрической поверхности, образующие которой идут параллельно оси долбяка, а направляющей служит режущая кромка. Поэтому линия $A_3C_3B_3$ будет профилем задней поверхности долбяка с наклонной осью.

По технологическим соображениям профиль задней поверхности, получаемыми известными способами, может быть заменен дугой окружности, эвольвентой и т. д.

Выводы

1. Решена задача определения исходных инструментальных поверхностей зуборезных долбяков с наклонной осью, образованных по второму способу, с помощью вспомогательной производящей рейки, сопряженной с обрабатываемой зубчатой рейкой.

2. Выведены аналитические зависимости для расчета исходных инструментальных поверхностей зуборезных долбяков с наклонной осью при обработке зубчатых реек.

3. Определено, что при обработке зубчатых реек исходная инструментальная поверхность будет совокупностью профилей в различных сечениях, перпендикулярных оси долбяка.

Полученные результаты, изложенные в данной работе, позволяют значительно упростить определение исходных инструментальных поверхностей по сравнению с ранее известными способами, и в целом упростить проектирование зуборезных долбяков с наклонной осью для обработки реек.

Список литературы

1. Коноваленко В. И. Исследование схемы формообразования цилиндрических зубчатых колёс, включающее два вращения вокруг скрещивающихся осей: автореф. дисс. канд. техн. наук / В. И. Коноваленко. – Одесса: ОПИ, 1977.

2. Основи формоутворення поверхонь при механічній обробці / Н.С. Равська, П.Р. Родін, 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 // Резание и инструмент. – Х., 1970. — Вып. 1.

4. Родин П.Р. Основы формообразования поверхностной резанием / П.Р. Родин– К.: Вища школа, 1977. – 192 с.

5. Родин П.Р. Эвольвентные долбяки с наклонной осью, работающие методом обкатки / П.Р. Родин, Г.И. Самохин // Станки и режущие инструменты. – Вып. 5. – Х., 1967.

6. Родин П.Р., Профилирование долбяков с наклонной осью / П.Р. Родин, Г.Н. Самохин // Станки и режущие инструменты. Вып. 5. – Х., 1967.

Рецензент: д-р техн. наук, проф., зав. каф. Г.И. Костюк, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

Поступила в редакцию 01.09.09

Исходные инструментальные поверхности при обработке зубчатых реек

Розглянуто процеси формоутворення зубчастих рейок зуборізними довбачами з похилою віссю, вирішено задачу визначення вихідних інструментальних поверхонь за другим способом під час оброблення зубчастих рейок.

Ключові слова: формоутворення, зубчасті рійкі, довбачі, похила вісь.

Initial instrumental surfaces in toothed bars processing

The processes of toothed bars shaping by shaper cutters with inclined axis were considered, the problem of identifying initial instrumental surfaces in toothed bars processing by using the second method was solved.

Keywords: toothed bars, shaper cutters, inclined axis.