

НАРЕЗАНИЕ ЭВОЛЬВЕНТНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ПРИ ПОМОЩИ ОБКАТОЧНЫХ РЕЗЦОВ

Витренко В.А., Кузнецова М.Н., Хаустова А.В., Ясуник С.Н. (ЛГУ им. В. Даля,
г. Луганск, Луганская народная республика)
Тел./Факс: +38 (062) 413076; E-mail: tm@snu.edu.ua

Abstract: *The article investigates tooth-cutting of cylindrical gear wheels having involute profile by means of rolling cutters produced from quazi-hyperbola workpiece with the help of involute slotters or instrumental gear-wheel having no back clearance.*

Key words: *gear, tooth-cutting, quazi-hyperbola, involute, profile.*

Изготовление цилиндрических зубчатых колес с эвольвентным и другим профилем зуба ведут методом обкатки при помощи червячных зуборезных фрез, зуборезных реек, долбяков, обкаточных резцов, и другого обкатного инструмента, применяемого как для чистовой, так и черновой обработки зуба.

Обработка зубьев при помощи обкаточных резцов получила название зуботочение. При рассмотрении зацепления двух цилиндрических зубчатых колес с винтовыми зубьями, работающими с перекрещивающимися осями, наблюдается скольжение боковой поверхности зубьев одного колеса относительно другого. Это условие и было использовано исследователями для нарезания цилиндрических зубчатых колес, когда одно из двух сцепляющихся винтовых колес заменили инструментом типа зуборезного долбяка, а другое заменили заготовкой [5]. В данном случае, инструмент можно представить, как многозаходную червячную фрезу. Этим способом можно нарезать как косозубые, так и прямозубые цилиндрические зубчатые колеса. Прямозубые зубчатые колеса необходимо нарезать обязательно косозубым инструментом, из-за того, что только в этом случае угол скрещивания осей не будет равен нулю.

Существует три схемы нарезания цилиндрических зубчатых колес методом зуботочения:

- а) нарезаемое цилиндрическое зубчатое колесо прямозубое, инструмент – обкатной косозубый резец;
- б) нарезаемое зубчатое колесо косозубое, инструмент – обкатной прямозубый резец;
- в) нарезаемое зубчатое колесо косозубое, режущий инструмент – обкатной косозубый резец.

Наиболее благоприятным является угол скрещивания осей обкаточного резца и нарезаемой заготовки равный 90° . Чем меньше угол скрещивания этих осей, тем хуже условия резания. Как показали многочисленные исследования, производительность зуботочения выше производительности зубофрезерования зубьев и других методов, примерно в 3-5 раз.

Тем не менее, зуботочение не находит применения на заводах мира. Такое положение объясняется точечным характером касания между основными сопряженными поверхностями зубьев. В результате режущие кромки обкаточного резца должны иметь геометрию, идентичную контактными линиям сопряженных зубчатых поверхностей. Таковую режущую кромку пока изготовить не удастся. В результате резание в промышленности на существующем оборудовании в настоящее время не осуществляется. Кроме того, кинематика зубообрабатывающего оборудования не позволяет работать на высоких оборотах, так как это приводит к износу червячной зубчатой пары станка.

В настоящей работе проведены теоретические и практические исследования

зуботочения при помощи инструментов, полученных как огибающие цилиндрических прямозубых и косозубых зубчатых колес в пространственном станочном зацеплении. В этом случае огибающей обрабатываемого цилиндрического прямозубого или косозубого зубчатого колеса будет квазигиперboloидное колесо [1,2]. Рассмотрим образование основной поверхности на предлагаемом специальном инструменте, для чего введем подвижные системы координат S_1 и S_2 , связанные, соответственно, с обрабатываемым цилиндрическим колесом и искомым инструментом, и неподвижную систему координат S , относительно которой задается положение подвижной системы координат. Эти системы приведены на рис.1.

Здесь: O_1 и O_2 –оси вращения, γ – угол перекрещивания осей, A_w – кратчайшее межосевое расстояние.

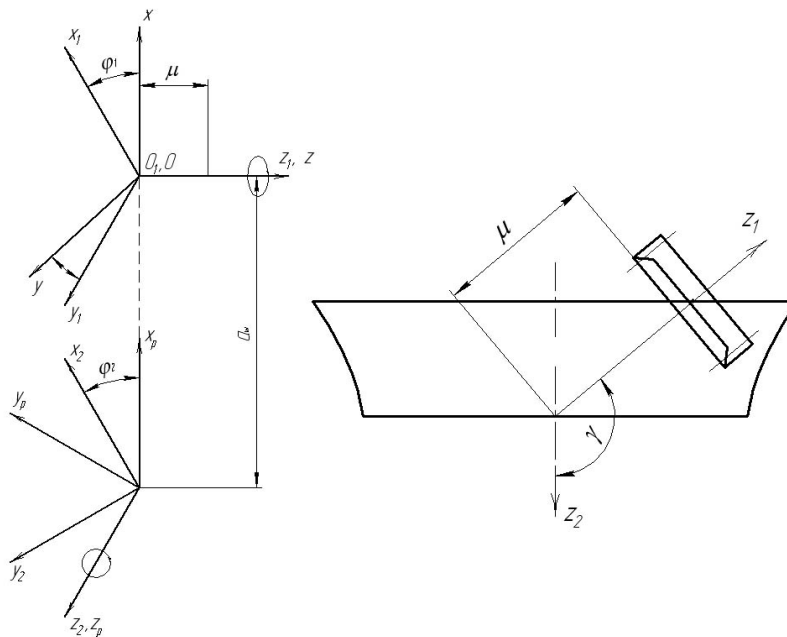


Рис.1. Системы координат инструмента и заготовки

Заметим, что если смотреть с положительного направления осей Z_1 и Z_2 , то нарезаемое зубчатое колесо (Z_1) и квазигиперboloидный инструмент (Z_2) вращаются по часовой стрелке.

Уравнения цилиндрического прямозубого колеса в подвижной системе координат $X_1Y_1Z_1$ запишем в следующем виде:

$$x_1 = f_1(\lambda) - r_1; y_1 = f_2(\lambda); z_1 = \mu. \quad (1)$$

Здесь: $f_1(\lambda)$, $f_2(\lambda)$ – профиль цилиндрического колеса; λ – переменная величина, r – радиус окружности; μ – текущая координата по оси O_1Z_1 .

Используя известные методы теории зацепления [2], получим уравнения поверхности искомого инструмента в следующем виде:

$$X_2 = M_{21}X_1; Y_2 = M_{21}Y_1; Z_2 = M_{21}Z_1; f(\lambda, \mu, \varphi) \quad (2)$$

где: $X_2Y_2Z_2$ - координаты поверхности искомого квазигиперboloидного инструмента, принимают следующий вид:

$$\begin{aligned}
x_2 &= x_1(\sin \varphi_2 \cos \varphi_1 + \sin \varphi_1 \sin \varphi_2 \cos \gamma) + y_1(\sin \varphi_2 \cos \varphi_1 \cos \gamma - \\
&- \sin \varphi_1 \sin \varphi_2) - z_1 \sin \varphi_2 \sin \gamma + A \cos \varphi_2 - S_0 \sin \varphi_2 \sin \gamma \\
y_2 &= x_1(\sin \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos \gamma - \sin \varphi_2 \cos \varphi_1) + y_1(\sin \varphi_1 \sin \varphi_2 + \\
&+ \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos \gamma) - z_1 \cos \varphi_2 \sin \gamma - S_0 \cos \varphi_2 \sin \gamma - A \sin \varphi_2 \\
z_2 &= x_1 \sin \varphi_1 \sin \gamma - y_1 \cos \varphi_1 \sin \gamma + z_1 \cos \gamma + S_0 \cos \gamma + S_T.
\end{aligned}
\tag{3}$$

$$F(\alpha, \mu, \varphi_1) = 0$$

Здесь: – уравнение зацепления, известное из теории зацепления [2].

M_{21} – матрица перехода от системы $S_1(X_1 Y_1 Z_1)$ к системе $S_2(X_2 Y_2 Z_2)$ имеет следующий вид:

$$\begin{aligned}
M_{21} &= M_{2p} M_{p0} M_{01} = M_{02} M_{01} = \\
&= \begin{pmatrix} \sin \varphi_2 \cos \varphi_1 + & - \sin \varphi_1 \sin \varphi_2 + & - \sin \varphi_2 \sin \gamma & - S_0 \sin \varphi_2 \sin \gamma + \\ + \sin \varphi_1 \sin \varphi_2 \cos \gamma & + \sin \varphi_2 \cos \varphi_1 \cos \gamma & & + A \cos \varphi_2 \\ - \sin \varphi_2 \cos \varphi_1 + & \sin \varphi_1 \sin \varphi_2 + & - \cos \varphi_2 \sin \gamma & - S_0 \cos \varphi_2 \sin \gamma - \\ + \sin \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos \gamma & + \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos \gamma & & - A \sin \varphi_2 \\ \sin \varphi_1 \sin \gamma & - \cos \varphi_1 \sin \gamma & \cos \gamma & S_0 \cos \gamma + S_T \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}
\end{aligned}
\tag{4}$$

Для получения передних граней на поверхности искомого инструмента (2) необходимо функции (1) подставить в уравнения (2) при этом, увеличив угол скрещивания осей γ на 90° , ось $O_1 Z_1$ повернуть против часовой стрелки в положение $O_1 Z_{11}$, и изменить вращение нарезаемого колеса против часовой стрелки (рис. 2).

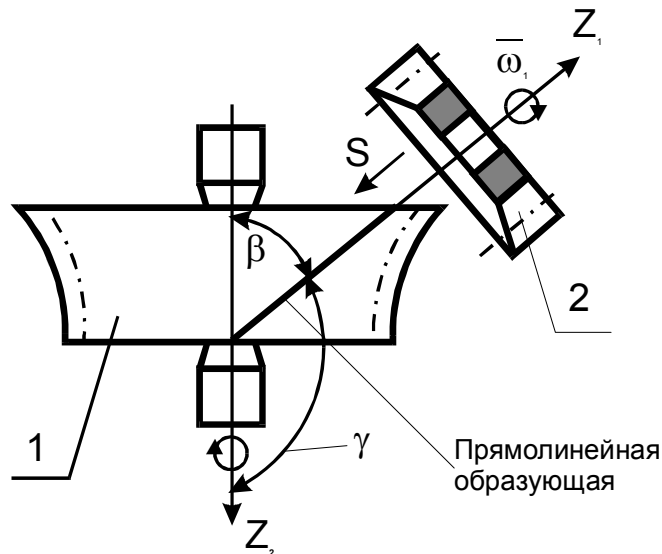


Рис. 2. Схема изготовления обкаточного инструмента

При помощи полученного инструмента можно осуществлять нарезание зубьев цилиндрических зубчатых колес. Процесс нарезания зубьев зависит от величины относительной скорости скольжения; суммарной скорости движения поверхностей в направлении, перпендикулярном линии контакта; угла между вектором относительной скорости скольжения и направлением контактной линии. Используя работы, посвященные теории зацепления [2,3,4], получим в общем виде: относительные скорости скольжения; суммарные скорости перемещения поверхностей в направлении перпендикулярном линии контакта и углы между скоростями скольжения и направлениями контактных линий, а также другие геометро-кинематические параметры изготовления зубьев.

Численный анализ приведенных выше геометро-кинематических параметров процесса нарезания зубьев, проведенный на ЭВМ, показывает, что на инструменте, выполненном на квазигиперboloиде, относительная и суммарная скорости скольжения, а также угол между контактными линиями и скоростью скольжения колеблются в широких пределах. При этом первостепенное значение для указанных величин имеет выбор участка на заготовке по координате Z_1 (рис. 2). Управлять величинами геометро-кинематических параметров изготовления зубьев колес и инструментов в широких

пределах, можно также при помощи величины передаточного числа
$$U = \frac{\varphi_1}{\varphi_2}$$
, входящего в матрицу M_{21} .

В настоящее время осуществлено изготовление квазигиперboloидного инструмента при помощи инструментального цилиндрического колеса. На рис.2 показана установка цилиндрического инструментального колеса 2 относительно заготовки 1. Используя относительное скольжение поверхностей изготавливаемого инструмента о передние грани зубьев инструментального колеса, появляющегося за счет скрещивания осей на угол γ , осуществляют процесс резания. Для получения инструмента любой ширины инструментальному колесу сообщают поступательное перемещение вдоль оси O_1Z_1 по стрелке S. Вращение цилиндрического инструментального колеса и заготовки осуществляют по часовым стрелкам при угловых скоростях, обратно пропорциональных количеству их зубьев. Для образования передних граней необходимо ось нарезаемой заготовки O_1Z_1 повернуть на угол 90° . В результате будет получен квазигиперboloидный инструмент, в виде обкаточного резца с большим количеством заходов. Заметим, что полученный квазигиперboloидный обкаточный резец будет нарезать точный профиль только для определенного количества зубьев. Все другие зубья будут нарезаны с искажением.

Список литературы: 1. Давыдов Я.С. Незвольевентное зацепление. - М. Машгиз, 1950. - 186с. 2. Литвин Ф.Л. Теория зубчатых зацеплений. Изд.2-е, пер. и доп. - М.: Наука, 1968. - 584 с.. 3. Родин П.Р. Проектирование и производство режущего инструмента. Киев. Техника, 1968. - 358 с. 4. Родин П.Р., Климов В.И. Технология изготовления зуборезного инструмента. - Киев. Техника, 1982. - 207 с. 5. Цвис Ю.В. Исследование процесса зуботочения цилиндрических зубчатых колес. М., 1956. - 262с.