

В.А. БЕРЕЖНОЙ, старший преподаватель каф. ГМКГ НТУ "ХПИ";
А.В. ФЕДЧЕНКО, к.т.н., доцент каф. ГМКГ НТУ "ХПИ"

АРОЧНЫЕ ЗУБЬЯ С ЦИКЛОИДАЛЬНОЙ ПРОДОЛЬНОЙ ФОРМОЙ

В статье получено уравнение поверхности зубьев цилиндрических передач Новикова ДЛЗ с циклоидальной формой по длине, нарезанных резцовой головкой

Ключевые слова: арочные зубья, цилиндрическая передача, зацепление Новикова, циклоида.

Актуальность задачи. Зубчатые передачи целесообразно разделить на цилиндрические и все остальные. Наиболее распространенными являются эвольвентные цилиндрические передачи. Однако, одним из возможных путей обеспечения дальнейшего прогресса в редукторостроении является применение передач с зацеплением Новикова, обладающих повышенной нагрузочной способностью и улучшенными гидродинамическими условиями контактирования.

Особую заботу в передачах Новикова составляет то обстоятельство, что они могут быть только косозубыми. Этот фактор существенно сдерживает их широкое внедрение, не смотря на то, что по другим параметрам оно имеет несомненные преимущества. Появление больших осевых усилий резко отрицательно сказывается на работе подшипников, а также на конструкцию корпуса редуктора. Шевронное исполнение зубчатых колес с зацеплением Новикова сильно влияет на увеличение в осевом направлении габаритов редуктора.

Арочные зубья в настоящее время являются реальным резервом для дальнейшего повышения эффективности зубчатых передач. В ранее применявшихся арочных передачах не использовались в полной мере все заложенные в них резервы. Одна из основных причин такого положения заключалась в отсутствии систематизированной научно-обоснованной методики геометрических расчетов. Использование передач Новикова с арочной формой зубьев предполагает всесторонний анализ и учет особенностей влияния продольной формы зуба на геометрические характеристики. Поэтому настоящая задача является актуальной.

Цель работы. Вывод уравнения активной поверхности арочного, с циклоидальной формой по длине, зуба цилиндрических передач Новикова ДЛЗ, нарезанных резцовой головкой.

Решение. Общий вид уравнения поверхности [1] арочного зуба имеет вид

$$\begin{cases} x(\mu, \varphi) = R_{oz} \sin \left(\varphi + \arctg \left(\frac{x(\mu)}{y(\mu)} \right) \right); \\ y(\mu, \varphi) = R_{oz} \cos \left(\varphi + \arctg \left(\frac{x(\mu)}{y(\mu)} \right) \right); \\ z(\mu, \varphi) = f(\mu, \varphi). \end{cases}$$

Функция $R_{oz} = \sqrt{x^2(\mu) + y^2(\mu)}$ – радиус цилиндра, определяемый точкой

$\tilde{M}(x(\mu); y(\mu))$, которая является текущей точкой срединного профиля зуба колеса. Этот профиль получен как огибающая однопараметрического семейства (μ – параметр) мгновенных положений исходного контура режущего инструмента. В зависимости от вида функции $f(\mu, \varphi)$ получаем ту или иную форму активной поверхности арочного зуба колеса.

Рассмотрим случай, когда при зубонарезании используют специальные режцовые головки, в которых резцы установлены группами так, что окончательное формообразование каждой впадины между зубьями на заготовке осуществляется резами только одной группы. При этом инструменту сообщается вращение вокруг своей оси и поступательное движение, согласованное с вращением заготовки, а подача врезания производится вдоль оси инструмента (рисунок 1).

Найдем уравнение поверхности арочного зуба колеса, если производящая рейка имеет зубья, очерченные в продольном направлении по циклоиде.

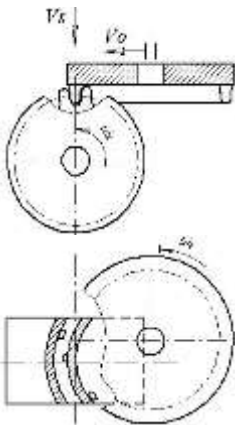


Рисунок 1 – Метод нарезания арочных зубьев

уравнение обыкновенной циклоиды имеет вид:
в параметрическом виде

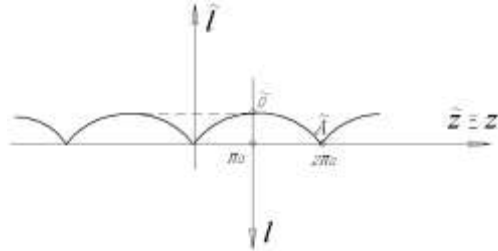


Рисунок 2 – Обыкновенная арка и связь систем координат

$$\begin{cases} \tilde{z} = a(t - \sin t); \\ \tilde{l} = a(1 - \cos t), \end{cases}$$

– уравнение обыкновенной циклоиды в системе координат $(\tilde{z}; \tilde{l})$; a – параметр циклоиды (рисунок 2).

В явном виде уравнение обыкновенной циклоиды имеет вид

$$\tilde{z} = \pm \arccos\left(1 - \frac{\tilde{l}}{a}\right) - \sqrt{2\left(\frac{\tilde{l}}{a}\right) - \left(\frac{\tilde{l}}{a}\right)^2} + 2\pi k, \\ (k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots).$$

В системе координат $(z; l)$, связанной с системой координат $(\tilde{z}; \tilde{l})$ уравнениями

$$\begin{cases} l = -\tilde{l}; \\ z = \tilde{z} - \pi a, \end{cases}$$

$$\begin{cases} z = a(-\pi + t - \sin t); \\ l = a(-1 + \cos t), \end{cases} \quad (1)$$

в явном виде

$$z = -\pi a \pm a \arccos \left(1 + \frac{l}{a} \right) - \sqrt{-2 \left(\frac{l}{a} \right) - \left(\frac{l}{a} \right)^2} + 2\pi k.$$

Уравнение полуарки $\tilde{O}A$ этой циклоиды будет иметь вид:

$$z = -\pi a \pm a \arccos \left(1 + \frac{l}{a} \right) - \sqrt{-2 \left(\frac{l}{a} \right) - \left(\frac{l}{a} \right)^2} + 2\pi.$$

Установим связь между углом поворота φ колеса и аппликатой точки активной поверхности зуба \tilde{O} . Сам же зуб представляет собой тороидальную поверхность с циклоидальной образующей.

Каждому повороту φ колеса (точке \tilde{O} соответствует угол $\varphi = 0$) соответствует точка $M \in l$ (здесь l – начальная прямая) (рисунок 3).

Абсцисса точки M равна

$$l_M = -2a + R_{o_2} \varphi. \quad (2)$$

Точка M соответствует точке \tilde{M} арки. Ордината точки \tilde{M}

$$z = z(\varphi) = -\pi a - a \arccos \left(1 + \frac{R_{o_2} \varphi - 2a}{a} \right) - \sqrt{-2 \left(\frac{R_{o_2} \varphi - 2a}{a} \right) - \left(\frac{R_{o_2} \varphi - 2a}{a} \right)^2}$$

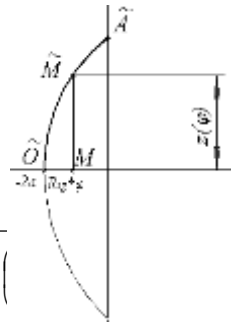


Рисунок 3 – Преобразованная форма арки

Или окончательное уравнение образующей полушеврона зуба колеса:

$$z(\varphi) = -\pi a - a \arccos \left(\frac{R_{o_2} \varphi}{a} - 1 \right) - \sqrt{4 - \frac{2R_{o_2} \varphi}{a} - \left(2 - \frac{R_{o_2} \varphi}{a} \right)^2} + 2\pi.$$

Найдем пределы изменения φ .

Очевидно, что $0 \leq z \leq 0,5b_w$. Из уравнения (1) следует, что

$$0 \leq a(-\pi + t - \sin t) \leq 0,5b_w,$$

или $0 \leq t \leq t^*$, где t^* – решение уравнения $t - \sin t = \pi + \frac{0,5b_w}{a}$.

Согласно (1) имеем:

$$-2a \leq l_M \leq a(-1 + \cos t^*).$$

Учитывая (2), имеем:

$$-2a \leq -2a + R_{o_2} \varphi \leq a(-1 + \cos t^*); \quad 0 \leq \varphi \leq \frac{a}{R_{o_2}} (1 + \cos t^*).$$

Итак, уравнение образующей верхнего полушеврона:

$$z(\varphi) = -\pi a - a \arccos\left(\frac{R_{oz}\varphi}{a} - 1\right) - \sqrt{4 - \frac{2R_{oz}\varphi}{a} - \left(2 - \frac{R_{oz}\varphi}{a}\right)^2} + 2\pi;$$

$$0 \leq \varphi \leq \frac{a}{R_{oz}}(1 + \cos t^*).$$

где t^* – решение уравнения $t - \sin t = \pi + \frac{0,5b_w}{a}$.

Аналогично рассуждая, получим уравнение направляющей нижнего полушевра:

$$z(\varphi) = \pi a + a \arccos\left(\frac{R_{oz}\varphi}{a} - 1\right) + \sqrt{4 - \frac{2R_{oz}\varphi}{a} - \left(2 - \frac{R_{oz}\varphi}{a}\right)^2} - 2\pi;$$

$$0 \leq \varphi \leq \frac{a}{R_{oz}}(1 + \cos t^*),$$

где t^* – решение уравнения $t - \sin t = \pi - \frac{0,5b_w}{a}$.

Итак, уравнение активной поверхности нижнего полушевра

$$\begin{cases} x_n(\mu, \varphi) = R_{oz} \sin\left(\varphi + \arctg\left(\frac{x(\mu)}{y(\mu)}\right)\right); \\ y_n(\mu, \varphi) = R_{oz} \cos\left(\varphi + \arctg\left(\frac{x(\mu)}{y(\mu)}\right)\right); \\ z_n(\mu, \varphi) = \pi a + a \cdot \arccos\left(\frac{R_{oz}\varphi}{a} - 1\right) + \sqrt{4 - \frac{2R_{oz}\varphi}{a} - \left(2 - \frac{R_{oz}\varphi}{a}\right)^2} - 2\pi, \end{cases}$$

где $\mu \in \left(-\frac{\pi}{z}; \frac{\pi}{z}\right)$; $0 \leq \varphi \leq \frac{a}{R_{oz}}(1 + \cos t^*)$; t^* – решение уравнения $t - \sin t = \pi - \frac{0,5b_w}{a}$;

$(x(\mu); y(\mu))$ – уравнение огибающей (текущая точка срединного профиля зуба колеса).

Уравнение активной поверхности верхнего полушевра

$$\begin{cases} x_g = x_n; \\ y_g = y_n; \\ z_g = -z_n, \end{cases}$$

где $0 \leq \varphi \leq \frac{a}{R_{oz}}(1 + \cos t^*)$; t^* – решение уравнения $t - \sin t = \pi + \frac{0,5b_w}{a}$.

На рисунке 4 показана графическая реализация средствами пакета Maple 5 вышеизложенной методики построения арочного зуба.

Выводы. Полученные уравнения позволяет находить в каждом конкретном случае локально-геометрические характеристики поверхности в номинальных точках контакта и локально-кинематические свойства зацепляющейся пары колес.

Список литературы: 1. Кириченко А.Ф., Матюшенко Н.В. Уравнение поверхности арочных зубьев цилиндрических передач Новикова ДЛЗ, нарезанных резцовой головкой // Вестник ХГПУ: Сб. научн. трудов. – Харьков, 1999. – №50. – С.118-127. 2. Кириченко А.Ф., Матюшенко Н.В. Условие существования физического контакта в цилиндрических передачах Новикова ДЛЗ с арочной формой зубьев // Вестник НТУ "ХПИ": Сб. научн. трудов. Тем. вып. "Проблемы механического привода". – Харьков, 2006. – №22. – С.139-146. 3. Дыгало А.И., Демковский И.П., Матюшенко Н.В. Экстремальная теорема об определении точек контакта в цилиндрических передачах Новикова ДЛЗ с арочной формой зубьев // Вестник НТУ "ХПИ": Сб. научн. трудов. Тем. вып. "Проблемы механического привода". – Харьков, 2008. – №29. – С.40-44.



Рисунок 4 – Арочный зуб с циклоидальной формой

Поступила в редакцию 11.03.2013

УДК 621.833+515.2

Арочные зубья с циклоидальной продольной формой / Н.В. Матюшенко, В.А. Бережной, А.В. Федченко // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Проблеми механічного приводу. – Х.: НТУ "ХПІ". – 2013. – №40(1013). – С.75-79. – Бібліогр.: 3 назв.

В даній статті отримано рівняння поверхні зубів циліндричних передач Новикова ДЛЗ з циклоїдальною подовжною формою, що нарізаних різцевою головкою.

Ключові слова: арочні зуб'я, циліндрична передача, зацеплення Новикова, циклоїда.

An equation of the cycloidal-arc tooth's surface of Novikov's cylindrical gearing with two action lines is found in the present note by the duplex spread blade method.

Keywords: arched points, cylindrical transmission, cylindrical gearing by Novikov's, cycloid.

УДК 621.01.833

Х.Д. МУСТАФАЕВ, к.т.н., докторант каф. металловедения и механики машин АзАСУ, Баку, Азербайджан

ДИНАМИКА РАЗГОНА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРИВОДА СТОЛА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

В работе исследуется влияние конструктивных элементов, возбуждающих сил, сил трения, механической характеристики двигателя на динамику разгона электропривода стола технологических машин.

Ключевые слова: привод, динамика, разгон, точность, машина.

Введение. Актуальность работы. Точность перестановки стола технологических машин, в частности металлорежущих станков, относительно инструмента или наоборот имеет важное значение в технике. Например, при обработке отверстия в сверлильных станках точное межосевое расстояние обеспечивается методом точной координатной перестановки стола. Возникает вопрос, при каких режимах работы обеспечивается достаточно точное межосевое расстояние и сравнительно большая производительность станка.