

УДК 621.9

АНАЛИЗ СТАНОЧНОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ, В КОТОРОМ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЕ КОЛЕСО ЯВЛЯЕТСЯ ЭВОЛЬВЕНТНЫМ

Кузьменко Н.Н.

THE ANALYSIS OF MACHINE GEARING IN WHICH THE CYLINDRICAL WHEEL IS EVOLVENT

Kuzmenko N.

В статье рассмотрена разработка теории получения в аналитическом виде станочного квазиглобoidного зубчатого зацепления с линейным контактом между цилиндрическим эвольвентным колесом и нарезаемым квазиглобoidным неэвольвентным колесом, при предложенной схеме формообразования квазиглобoidных витков (зубьев) будет получаться линейный контакт при любом передаточном числе, что позволит снизить себестоимость изготовления зубчатых колес на 20%.

Ключевые слова: станочное зацепление, эвольвентное колесо, глобoidное зубчатое колесо, квазиглобoidное зубчатое колесо, формообразование.

Введение. Любое техническое решение характеризуется некоторыми предельно достижимыми показателями его работоспособности. Реализуются они не сразу, а по мере последовательного совершенствования, установления выявленных недостатков технического решения. Происходит эволюционное, т. е. осуществляемое постепенно, развитие технической идеи. Причем чем ближе достигнутые показатели к некоторым предельно достижимым, тем все больше требуется затрат и усилий, хотя показатели работоспособности, т. е. достигаемые результаты, повышаются все меньше. Такая общая диалектическая картина развития свидетельствует о том, что данное техническое решение достигло своего предельного состояния и что дальнейшие количественные изменения экономически нецелесообразны; необходимо внесение качественных, т. е. принципиально новых, изменений, позволяющих осуществить скачок в показателях работоспособности относительно ранее достигнутых.

Глобoidные червячные передачи с глобoidным червяком имеют несущую способность больше, чем обычные червячные передачи с цилиндрическим червяком. Они имеют очень большие передаточные отношения, в которых реализован линейный харак-

тер касания и находят широкое применение в различных силовых машинах.

Но есть большое количество машин и механизмов, где применяются зубчатые передачи на скрещивающихся валах с малыми передаточными отношениями. Они, к сожалению, имеют точечный характер касания. В результате их изготовить невозможно.

В связи с этим, перед исследователями стоит задача при малом передаточном отношении заменить глобoidный червяк в глобoidной передаче на квазиглобoidный червяк или квазиглобoidное колесо, получив, при этом линейный контакт.

Постановка проблемы. Несущую способность червячных передач можно повысить, если увеличить число витков червяка, сопрягающихся с червячным колесом, и расположить их на глобoidной поверхности. При этом контактные линии в зацеплении располагаются под большим углом к скорости скольжения, что улучшает условия для образования масляных клиньев в зацеплении. Такие передачи называют глобoidными. Их несущая способность при условии точного изготовления и надлежащего охлаждения существенно больше, чем передач с цилиндрическими червяками, зато изготовление и сборка их несколько сложнее.

Анализ последних исследований и публикаций. Основы этой теории заложили французский математик-геометр Оливье и русский ученый Х. И. Гохман.

Оливье, используя методы начертательной геометрии, разработал общий способ огибающих поверхностей для получения сопряженных поверхностей зубьев, а также обосновал возможность их получения посредством вспомогательных поверхностей.

Х. И. Гохман разработал основы аналитической теории пространственных зацеплений опираясь на математический аппарат дифференциальной

геометрии. В последующие годы метод Гохмана развивался, что нашло отражение в трудах таких ученых как Н. И. Колчин, И. А. Фрайфельд, П. Р. Родин, И. А. Кириченко и др.

Дальнейшее развитие теории пространственно-го станочного зацепления пошло по пути применения, так называемого, кинематического метода, который начали разрабатывать с 50-х годов прошлого века Шишков, Давыдов, Литвин.

Цель статьи. Существуют различные методы аналитического исследования зубчатых и станочных зацеплений. Используя один из этих методов, докажем линейный характер контакта в квазиглобoidных станочных передачах с малыми передаточными числами.

Результаты исследований. В основе кинематического метода лежит теорема о том, что в точке контакта взаимоогibaемых поверхностей вектор скорости \vec{v} относительного движения перпендикулярен нормали \vec{n} . Их произведение равно нулю $\vec{n} \cdot \vec{v} = 0$.

На основе кинематического метода были разработаны методы анализа зубчатых зацеплений.

- соответствие уравнения поверхности зацепления;

- уравнения поверхности зубьев ведомого колеса и инструмента;

- определение уравнений характеристик - текущей линии касания поверхностей инструмента и нарезаемого колеса.

Наиболее полно теория и методы исследования пространственных зубчатых зацеплений и пространственных станочных зацеплений на основе кинематического метода изложены в работе Литвина, которая считается классической.

С развитием ЭВМ появились новые возможности широкого применения теоретических методов на практике, а также поиск новых методов и путей решения различных задач, ориентированных на использование компьютеров.

Геометрические преобразования (повороты, сдвиги) описываются с помощью математических моделей, основанных на использовании матриц.

Наибольшее распространение получил метод однородных координат. В основе этого метода лежит представление о том, что любая точка в N - мерном пространстве может рассматриваться как проекция точки из $(N+1)$ - мерного пространства.

Для точки в трехмерном пространстве необходимо четыре составляющие w_x, w_y, w_z, w , где w может принимать любое значение. Обычно $w = 1$, что соответствует нормализованным координатам $(x, y, z, 1)$. При этом все преобразования (повороты, сдвиги, проекции) могут быть описаны матрицей 4×4 следующего вида:

$$\text{Матрица поворотов} \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & d \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & e \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & f \\ x & y & z & S \end{pmatrix} \text{ Векторы проекций}$$

Основные преобразования выражаются следующим образом:

- поворот на угол φ вокруг оси x

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \varphi & \sin \varphi & 0 \\ 0 & -\sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

- поворот на угол θ вокруг оси y

$$\begin{pmatrix} \cos \theta & 0 & -\sin \theta & 0 \\ 0 & 1 & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & 0 & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

- поворот на угол ψ вокруг оси z

$$\begin{pmatrix} \cos \psi & \sin \psi & 0 & 0 \\ -\sin \psi & \cos \psi & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

- сдвиг на вектор (x, y, z)

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ x & y & z & 1 \end{pmatrix}$$

Совокупность операций по преобразованию координат точки или тела описывается произведением матриц, которое приводится к единой матрице.

Вывод. Таким образом, на основе разработанной теории в аналитическом виде получено станочное квазиглобoidное зубчатое зацепление с линейным контактом между цилиндрическим эвольвентным колесом и нарезаемым квазиглобoidным неэвольвентным колесом.

Л и т е р а т у р а

1. Журавлев В. Л. Технология изготовления глобoidных передач. – М.: Машиностроение, 1995.
2. Кириченко И.А. Гиперболоидная зубчатая передача, полученная цилиндрической производящей поверхностью: Зб. наукових праць.- Краматорськ: Вид-цтво ДДМА, вип.№11, 2001.- С.129-133.

3. Кириченко И.А., Витренко В.А., Витренко А.В. Зубчатые передачи на скрещивающихся валах // Международный сборник научных трудов "Прогрессивные технологии и системы машиностроения". – Донецк: ДГТУ.- 2002.-Выпуск №19.- С. 83-88.
4. Патент № 1.980.237, кл. 74-427, автор Nikola Trobojevich.
5. Патент США № 1.972.544, кл. 90-4.
6. Патент 1819196. В.А. Витренко. Способ изготовления гиперболических зубчатых колес
7. Litvin, F.L. Gear Geometry and Applied Theory. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1994. – 724 p.
8. Litvin, F.L. Development of Gear Technology and Theory of Gearing. NASA RP-1406, 1998. – 113 p.
9. Pekrun:Hohleistungs.-Globoidschnecken-Getriebe/Maschinenfabrik Pekrun Getriebebau GMBH/s.n., 1983. Katalog G 303/ - 34 s. (ФРГ).
10. Olivier T. Theorie geometrical des enqrenages, Paris, 1842.- 111 p

References

1. Zhuravlev V.L. Technology of globo-idnyh gear. - M.: Mechanical Engineering, 1995.
2. Kirichenko I. A. Hyperboloid gear transmission obtained producing cylindrical surface: SC. scientific works. - Crum-torsk: Type-tstvo DDMA, VIP. № 11, 2001. - P.129-133.
3. Kirichenko I.A., Vitrenko V. A., Vitrenko A.V., Gears on the shafts of mating // International collection of scientific papers "of progressive technologies and systems engineering industry." - Donetsk: DSTU. - 2002.-№ 19. - P. 83-88.
4. Patent № 1.980.237, кл. 74-427, author Nikola Trobojevich.
5. Patent of the USA № 1.972.544, кл. 90-4.
6. Patent 1819196. В.А. Витренко. Method of making of hyperboloidal gear-wheelsLitvin, F.L. Gear Geometry and Applied Theory. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1994. – 724 p.
7. Litvin, F.L. Gear Geometry and Applied Theory. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1994. – 724 p.
8. Litvin, F.L. Development of Gear Technology and Theory of Gearing. NASA RP-1406, 1998. – 113 p.
9. Pekrun:Hohleistungs.-Globoidschnecken-Getriebe/Maschinenfabrik Pekrun Getriebebau GMBH/s.n., 1983. Katalog G 303/ - 34 s. (ФРГ).
10. Olivier T. Theorie geometrical des enqrenages, Paris, 1842.- 111 p

Кузьменко Н.М. Аналіз верстатного зачеплення, в якому циліндрове колесо є евольвентним.

У статті розглянута розробка теорії здобуття в аналітичному вигляді верстатного квазіглобoidного зубчастого зачеплення з лінійним контактом між циліндровим евольвентним колесом і нарізаним квазіглобoidним неевольвентним колесом, при запропонованій схемі формування квазіглобoidних витків (зубів) виходитиме лінійний контакт при будь-якому передавальному числі, що дозволить понизити собівартість виготовлення зубчастих коліс на 20%.

Ключові слова: верстатне зачеплення, евольвентное колесо, глобoidное зубчасте колесо, квазіглобoidное зубчасте колесо, формування.

Kuzmenko N. The analysis of machine gearing in which the cylindrical wheel is evolvent.

In the article development of theory of receipt is considered in the analytical type of the machine-tool kvazigloboidnogo toothed hooking with a linear contact between a cylindrical evol'ventnym wheel and cut kvazigloboidnym neevol'ventnym wheel, at the offered chart of formoobrazovaniya of kvazigloboidnykh coils (points) a linear contact will turn out at any gear-ratio, that will allow to cut prime cost making of gear-wheels on 20%. Major geometric and kinematic parameters of produced globoid teeth wheels are as follows: relative sliding speed; total speed of contacting surfaces displacement; angle between vector of relative speed and direction of contact lines; transformed curvature of contacting surfaces; specific slides at the instrument tooth and teeth wheel being treated; the length of contact line. Analysis of these parameters allowed to increase precision of globoid teeth wheel due to perfection of their shape formation scheme.

Estimation of precision of globoid teeth wheels treatment by the suggested method of shape formation has been investigated in comparison with existing shape formation schemes.

Keywords: kvazigloboidnoe gear-wheel, instrumental wheel, zubonarezanie, formoobrazovanie.

Кузьменко Н.М. – к.т.н., доцент кафедри «Приладобудування, метрологія та електротехніка» СНУ ім. В. Даля.

Рецензент: д.т.н., проф. **Марченко Д.М.**

Стаття подана 17.03.2016