

УДК 621.9

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ГИПЕРБОЛОИДНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ФРЕЗ НА ОДНОПОЛОСТНЫХ ГИПЕРБОЛОИДАХ

Кириченко И.А., Кузьменко Н.Н.

MANUFACTURE OF HYPERBOLOID GEARS AND CUTTERS ON HYPERBOLOID

Kirichenko I., Kuzmenko N.

В статье рассматривается изготовление гиперболоидных зубчатых колес и фрез при помощи производящих инструментов с целью получения линейного характера касания между основными поверхностями (для увеличения нагрузочной способности), для чего режущий инструмент необходимо выполнить на половине однополостного гиперболоида (под любым передним углом, что снижает усилие резания), в результате получается гиперболоидная червячная фреза, которая не затылается.

Ключевые слова: гиперболоидное зубчатое колесо, станочное зацепление, эвольвентное колесо, квазигиперболоидное зубчатое колесо, формообразование.

Введение. Цилиндрические зубчатые колеса наиболее просты технологически, поэтому получили широкое распространение, в том числе и для передачи вращения между скрещающимися валами. Эти колеса в основном получают методом обкатки при помощи цилиндрических фрез, долбяков, гребенок, резцов. Отделка цилиндрических колес ведется шевингованием, зубошлифованием, притиркой, обкаткой, хонингованием.

Постановка проблемы. Нарезание зубьев колес и инструментов на цилиндрических заготовках производят копированием или обкаткой. Основное применение имеет обкатка, как наиболее точный и производительный способ обработки зубчатых колес и лезвийных инструментов, имеющих режущие зубья. По этому методу зубья нарезают инструментом в виде рейки, червячной фрезой, долбяком, обкаточным резцом.

Независимо от того, предназначены ли нарезаемые таким образом колеса для передач плоских (работающих на параллельных осях) или же пространственных (работающих на скрещающихся осях), сам процесс нарезания во всех обычных кинематических схемах обкатки характеризуется параллельностью или скрещиванием осей нарезаемого колеса и инструмента. При этом режущий инструмент (червячная фреза, долбяк, обкаточный резец и

др.) подается вдоль прямолинейной образующей цилиндрической заготовки для колеса или инструмента. При этом производящие поверхности имеют линейный характер касания при параллельных осях и точечный характер (кроме обработки червячной фрезой) при скрещающихся осях при сопряженных эвольвентных зубьях.

Анализ последних исследований и публикаций. Развитие метода обкатки привело к тому, что нарезание колес и инструментов возможно и при отступлении от указанного выше условия, требующего обязательной подачи инструмента вдоль прямолинейной образующей цилиндрической заготовки как при параллельном расположении осей, так и скрещивании осей. В этом случае получают другие колеса и инструменты, отличающиеся от колес и инструментов, полученных при движении инструмента вдоль образующей цилиндрической заготовки. При этом инструменты и колеса получают в пространственном станочном зацеплении режущим инструментом, передвигающимся вдоль прямой, скрещающейся с осью вращения заготовки.

Для получения одинаковой высоты зуба заготовка из цилиндрической должна трансформироваться в гиперболоидную, что пока не выполнено исследователями зубчатых передач и обкатных инструментов. При этом полученные на такой заготовке зубья при движении эвольвентного инструмента вдоль прямой, скрещающейся с осью вращения гиперболоида становятся неэвольвентными. Дальнейшие исследования показали, что полученные гиперболоидные зубья касаются эвольвентных зубьев цилиндрических колес по линии. Поэтому при нарезании гиперболоидных инструментов по второму методу Оливье передняя грань на цилиндрическом инструментальном колесе может располагаться под любым углом, лишь бы режущая кромка имела точки по всей активной высоте зуба, участвующей в зацеплении. Изменение величины переднего угла на цилиндрическом инструментальном колесе не иска-

жает боковые поверхности зубьев или витков искомого инструмента при условии не затылования и острой незаточки гиперболоидных заготовок.

Результаты исследований. *Способ изготовления гиперболоидных зубчатых колес и фрез на однополостных гиперболоидах.* Поставленная цель достигается тем, что согласно способу изготовления гиперболоидных зубчатых колес и фрез зубообработку производят с помощью воображаемого производящего колеса, вокруг оси которого обрабатываемому изделию сообщают дополнительное вращение, при этом зубонарезание производят при различных межосевых расстояниях между ними, сначала при расстоянии, равном диаметру начальной окружности обрабатываемого колеса в горловом его сечении, а затем при расстоянии, равном сумме радиусов начальных окружностей в торцовом и горловом его сечениях.

На рисунке 1. изображена операция изготовления рабочих и интерферируемых участков боковой поверхности зуба, то есть получение одной зоны контакта.

Таким образом, способ изготовления гиперболоидных колес и фрез осуществляется методом копирования впадины с единичным делением при переходе от одной впадины к другой.

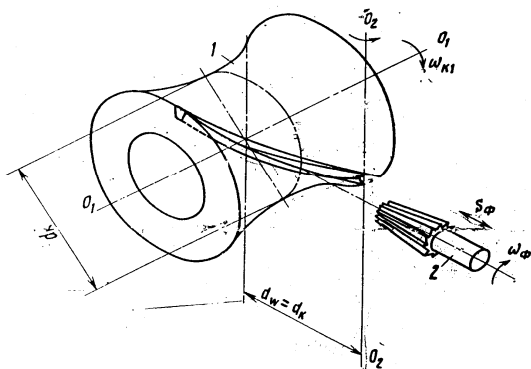


Рис. 1. Способ изготовления гиперболоидных колес

Само устройство для осуществления способа нарезания фрез на однополостных гиперболоидах показано на рисунке 2.

Предлагаемый способ и устройство позволяют осуществить чистовую обработку гиперболоидных червячных фрез и зубчатых колес и заточку фрез и шевров.

Рассмотрение предложенного способа показывает, что технологическое осуществление устройства чрезвычайно сложное. Кроме того, заготовка должна быть осуществлена на половине однополостного гиперболоида.

Окончательная обработка зубьев после закалки в крупносерийном производстве.

Непрерывное шлифование профилей было разработано на фирме «РЕЙСХАУЭР». Метод шлифования при поверхностном рассмотрении выглядит очень похожим на хорошо известное непрерывное шлифование по методу обката с цилиндрическим

абразивным червяком, - здесь имеются значительные различия. В традиционной технологии обрабатываемая деталь должна смещаться в осевом направлении относительно цилиндрического абразивного червяка, с тем, чтобы боковые стороны зуба шлифовались по всей ширине зубчатого колеса. В новой технологии это осевое смещение не предусмотрено, то есть профили зубьев обрабатываются по всей ширине без осевого смещения. Причина такой возможности заключается в том, что при традиционном методе теоретически между абразивным червяком и боковой стороной зуба имеется всегда точечное касание, в то время, как при новом методе обработки всегда сохраняется линейное касание. Однако, в этом случае при переходе через горловое сечение огибающая цилиндрической поверхности кардинально изменится. В результате получают несопряженные поверхности. Почему так происходит станет ясно из следующих рассуждений. Представим зубчатое колесо с любой длиной зуба. Для большей легкости представим себе вначале зубчатое колесо без зубьев, то есть мы имеем перед собой цилиндр, который по своему диаметру соответствует диаметру окружности впадины зубчатого колеса. Теперь обрабатываем этот цилиндр с помощью шлифовального круга, ось которого скрещивается с осью заготовки и форма которого подогнана по форме цилиндра (рисунок 3).

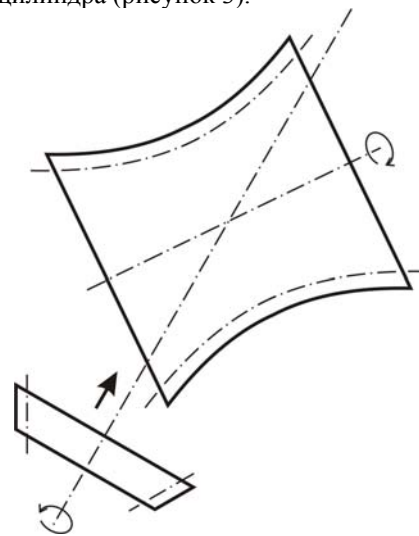


Рис. 2. Нарезка гиперболоидного колеса

Обработка зубьев гиперболоидных колес и инструментов методом обкатки. Обработка зубьев гиперболоидных колес методом обкатки описана в а.с. 536902. В этом способе зубья на однополостном гиперболоиде осуществляют прямозубым долбяком. Ось долбяка располагают параллельно прямолинейной образующей однополостного гиперболоида. Используя относительное скольжение поверхности зубьев нарезаемого гиперболоидного колеса о передние грани зубцов долбяка при скрещивающихся осях заготовки и инструмента, осуществляют нарезание колеса. Для получения зубчатого колеса любой ширины долбяку сообщают дополнительное пе-

ремещение вдоль прямолинейной образующей однополостного гиперболоида.

Вращение долбяка и заготовки осуществляют в разные стороны при угловых скоростях обратно пропорциональных количеству их зубьев. Подачу долбяка производят со скоростью, выбранной при назначении режимов резания. Базовой поверхностью для установки глубины резания является наружная поверхность торцового сечения гиперболоида.

Аналогичный метод обработки гиперболоидной фрезы при помощи долбяка также описан в материалах симпозиума, который состоялся в Токио в 1981 году. При этом делается вывод о том, что нарезку витков гиперболоидной фрезы на станке не удалось осуществить из-за сильной вибрации, природе которой не удалось раскрыть специалистам совместной германо-японской фирмы, работающей в этом направлении.

Проверочная нарезка зубьев на половине гиперболоидных заготовок на зубофрезерных станках при помощи прямозубых долбяков, проведенная на заводе, привела к положительным результатам.

Выводы. Интерес зуборезчиков, исследователей, конструкторов, технологов к зубчатым инструментам и передачам на скрещающихся осях не случаен: он объясняется стремлением повысить нагрузочную способность рассматриваемых передач. В одних работах исследователи пытаются доказать повышение нагрузочной способности теоретическим путем, в других – эти теоретические предположения стремятся подтвердить на практике.

Анализ работ с точки зрения задач исследования позволяет прийти к следующему выводу: первой задачей, которую ставят перед собой большинство исследователей, является задача синтеза передач и инструментов и методов ее решения. Другими словами - в большинстве работ ставится вопрос, как выбрать сопряженные поверхности для передач со скрещающимися валами. При этом необходимо подчеркнуть, что до настоящего времени не удается нарезать зубья на однополостных гиперболоидах. Так, в пространственном станочном зацеплении (оси скрещаются) основные эвольвентные поверхности имеют точечный характер касания. При создании на этой основе режущего инструмента режущая кромка должна принимать только определенную пространственную кривую совпадающую с линией контакта контактирующих основных поверхностей. В результате, передний угол получается не таким, каким он должен быть из условия минимального усилия резания. Что касается долбяка, обкаточного резца, то эти инструменты на скрещающихся валах при подаче их вдоль оси вращения заготовки резать впадину не будут. Поэтому стоит задача найти приемлемую для практики конструкцию режущей кромки за счет изменения боковых поверхностей зубьев (витков) гиперболоидных основных поверхностей с целью получения линейного характера касания между основ-

ными поверхностями (для увеличения нагрузочной способности).

Окончательная обработка зубьев после закалки в крупносерийном производстве, разработанная на фирме "Рейсхауэр" является высокопроизводительной операцией. Недостаток заключается в том, что витки гиперболоидного шлифовального круга являются геометрически другими при переходе через горловое сечение. В результате обрабатываемые поверхности получатся разные на одной длине зуба. Чтобы этого не произошло режущий инструмент необходимо выполнить на половине однополостного гиперболоида (под любым передним углом, что снижает усилие резания).

По прямолинейной образующей однополостного гиперболоида перекачивается цилиндрическое инструментальное колесо. В результате получается гиперболоидная червячная фреза, которая не затылется.

Л и т е р а т у р а

1. Журавлев В. Л. Технология изготовления глобоидных передач. – М.: Машиностроение, 1995.
2. Кириченко И. А., Кузьменко Н. Н. Экспериментальные исследования и технология изготовления гиперболоидных передач // Вестник НТУ «ХПИ». – Харьков. – 2017. – Выпуск №25. – С. 89-93
3. Kuzmenko N., Кузьменко Н. Н., Анализ станочного зацепления, в котором цилиндрическое колесо является эвольвентным. – 2016.
4. Патент № 1.980.237, кл. 74-427, автор Nikola Trobojevich.
5. Витренко А.Н. Исследование геометрии и кинематики цилиндрико-гиперболоидных передач: Дисс...канд. техн. наук: 01.02.02.-Ворошиловград, 1975.- 214 с.
6. Патент США № 1.972.544, кл. 90-4.
7. Кузьменко Н.Н. Экспериментальные исследования по изготовлению квазиглобоидных зубчатых колес // Вестник НТУ «ХПИ». – Харьков. – 2015. – Выпуск №34. – С. 75-79
8. Кузьменко Н.Н. Формообразование глобоидного станочного зацепления // Вестник НТУ «ХПИ». – Харьков. – 2014. – Выпуск №31. – С. 84-88
9. Litvin, F.L. Development of Gear Technology and Theory of Gearing. NASA RP-1406, 1998. – 113 p.
10. Pekrun: Hohleistungs.-Globoidschnecken-Getriebe/Maschinenfabrik Pekrun Getriebebau GMBH/s.n., 1983. Katalog G 303/- 34 s. (ФРГ).
11. Olivier T. Theorie geometrical des enqrenages, Paris, 1842.- 111 p

R e f e r e n c e s

1. Zhuravlev V.L. Technology of globo-idnyh gear. - M.: Mechanical Engineering, 1995.
2. Kirichenko I. A., Kuzmenko N. N. Experimental research and technology manufacture of gears//Bulletin of NTU "KhPI"/ - Kharkiv/ - 2017. – 25 / P. 89-93
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. Kuzmenko N. Experimental studies on the production of quasi-globoid gears //Bulletin of NTU "KhPI"/ - Kharkiv/ - 2015. – 34 / P. 75-79
7. Kuzmenko N. Forming of the globoid machine tooling//Bulletin of NTU "KhPI"/ - Kharkiv/ - 2014. – 31 / P. 84-88
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

Кириченко І.О., Кузьменко Н.М. Виготовлення гіперболоїдних зубчастих коліс і фрез на однополосних гіперболоїдах.

У статті розглядається виготовлення гіперболоїдних зубчастих коліс і фрез за допомогою виробляють інструментів з метою отримання лінійного характеру дотику між основними поверхнями (для збільшення навантажувальної спроможності), для чого ріжучий інструмент необхідно виконати на половині однополосного гіперболоїда (під будь-яким переднім кутом, що знижує зусилля різання), в результаті виходить гіперболоїдна червячна фреза, що не затилюється.

Ключові слова: гіперболоїдне зубчасте колесо, евольвентне колесо, глоболоїдне зубчасте колесо, квазіглоболоїдне зубчасте колесо, формоутворення.

Kirichenko I., Kuzmenko N. Manufacture of hyperboloid gears and cutters on hyperboloid.

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 evolventnym wheel and cut kvazigloboidnym neevolventnym 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: hyperboloid gear, impulse wheel, globogenous gear, quasigloid cogwheel, shaping.

Кириченко І.О. - д.т.н., професор кафедри електричної інженерії ЧНУ ім. В. Даля.

Кузьменко Н.М. – к.т.н., доцент кафедри електричної інженерії ЧНУ ім. В. Даля.

Рецензент: д.т.н., проф. **Соколов В.І.**

Стаття подана 05.03.2018