

движения механизма из некруглых кососимметричных зубчатых колес // Вестник нац. техн. ун-та "ХПИ". – Вып.40. – Харьков: НТУ "ХПИ", 2005. – С.146-150. 4. *Артоболевский И.И.* Теория механизмов и машин. – М.: Наука, 1975. – 640с. 5. *Утупов Н.Л., Карпов А.П.* О нахождении постоянных коэффициентов в функциях передаточных отношений передач некруглыми зубчатыми колесами // Вестник нац. техн. ун-та "ХПИ". – Вып.10 – Харьков: НТУ "ХПИ", 2001. – С.71-76. 6. *Литвин Ф.Л.* Некруглые зубчатые колеса. Проектирование, теория зацепления и производство. М.-Л.: Машгиз, 1956. – 312с. 7. Вибрации в технике. Справочник. – М.: Машиностроение, 1980. – Т.3. Колебания машин, конструкций и их элементов / Под ред. *Ф.М. Диментберга и К.С. Колесникова.* – 544с., ил.

Надійшла (received) 05.02.2014

УДК 621.833.002:621.9

**С.Г. КИРИЧЕНКО**, аспирант кафедры ТМ и инженерного консалтинга ВНУ имени В. Дала, Луганск

### ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГИПЕРБОЛОИДНЫХ ФРЕЗ

В статье рассматривается технология изготовления гиперболоидных фрез. Сложнейшая операция затылования упраздняется за счет получения витков фрезы на однополостном гиперболоиде. В результате получается автоматическая затыловка за счет уменьшения диаметров в направлении движения от торца гиперболоида к горловому сечению, что ведет к автоматическому утонению витков искомой фрезы.

**Ключевые слова:** гиперболоидная фреза, технология, изготовление, зубчатые колеса, затылование.

**Введение.** 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 или же пространственных, сам процесс нарезания во всех обычных кинематических схемах обкатки характеризуется параллельностью или скрещиванием осей нарезаемого колеса и инструмента.

При этом режущий инструмент (фреза, долбяк, обкаточный резец) 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 скрещивающихся осях при сопряженных эвольвентных зубьях.

Для получения высококачественного зацепления передачи, необходимо, чтобы червячная фреза по своим размерам и профилю соответствовала основному червяку, с которым должно работать нарезаемое ею зубчатое колесо. Это происходит при переточке только один раз, когда основное сечение фрезы геометрически совпадает с основным червяком. Уменьшение начального цилиндра приводит к тому, что после каждой переточки меняется форма передней поверхности и форма производящего червяка. Вследствие этого для получения заданной формы зубчатой детали каждая режущая кромка фрезы как линия пересечения передней и задней поверхностей, после каждой переточки должна иметь различную форму.

Если одноименные точки режущих кромок соединить линиями, то задняя поверхность фрезы определяется сетью координатных линий, составлен-

ных из режущих кромок, форма которых различна, и линий, соединяющих одноименные точки кромок также различны. Получить необходимую форму задней поверхности каким-либо затылюющим инструментом при линейном контакте, получить нельзя. Необходимо переходить на гиперболоидную червячную фрезу, в которой будет отсутствовать затыловка.

**Постановка задачи.** В настоящее время в технике широко применяют винтовые передачи, начальными поверхностями которых являются цилиндры, заменяющие часть поверхности гиперболоида, симметрично расположенную относительно горлового сечения. В винтовых передачах касание боковых поверхностей сопряженных зубьев происходит не по линии, а в точке. Поэтому профили зубьев в винтовых передачах испытывают большие давления и быстро изнашиваются. Концентрация передаваемой окружной силы в одной точке исключает возможность их применения для тяжелонагруженных передач. Поэтому они применяются в передачах с небольшими крутящими моментами (в кинематических цепях делительных механизмов, в цепях холостых ходов станков, в приборах и т.д.). Отсюда перед исследователями стоит непростая задача, заключающаяся в том, чтобы в винтовой передаче получить линейный контакт и тем самым передавать значительные нагрузки. С этой целью необходимо создать передачу, состоящую, например, из цилиндрического прямоугольного или косозубого колеса с эвольвентным профилем и гиперболоидного колеса, в которых будет реализован линейный контакт.

Для этого необходимо разработать принципиально новую технологию обработки зубьев новыми инструментами на однополостных гиперболоидах.

**Профилирование фрезы.** При изготовлении гиперболоидной червячной фрезы цилиндрический обкатной инструмент (рейка) перемещается по прямолинейной образующей гиперболоида, которая лежит ниже оси вращения гиперболоида [1].

При этом передняя режущая грань гиперболоидной фрезы или инструментальной режущей рейки всегда должна совпадать с прямолинейной образующей однополостного гиперболоида. В результате искомая гиперболоидная фреза не затылуется (см. рисунок 1).

Обкаточный резец (рисунок 1,а), можно заменить на инструментальную рейку (резец) – рисунок 1,б. Обработку гиперболоидных поверхностей на токарных станках, можно произвести следующим способом.

Способ заключается в том, что задняя бабка смещается вертикально вверх на величину  $h$ . Вследствие этого ось заготовки образует определенный угол  $\alpha$  с осью центров, а резец при своем движении обтачивает гиперболоидную поверхность. Из схемы видно, что

$$h=(L(D-d)/2l)\cos\alpha.$$

Рассмотрим фрезу с углом наклона прямолинейной образующей однополостного гиперболоида ( $\gamma=8^\circ$ ). Угол выбирает технолог при расчете гиперболоидной фрезы. Подача выбирается из таблицы станка, например 5мм/об. Тогда из рисунка следует  $h=L\sin 8^\circ=246,1\cdot 0,1392=34,26$ . Найдем модуль нормальной гиперболоидной фрезы с большего торца  $m_n=S:\pi=5:3,1495=1,5924$ .

Найдем модуль фрезы в торцовом сечении:  $m_r=m_n:\cos 82^\circ=11,4397$ .

Найдем диаметр гиперболоидной фрезы в большем торце:  $d_d=qm_r=91,52$ ;  $d_a=d_d+2,5m_n=95,5$ .

Тогда  $h=(L(D-d)/2l)\cos\alpha$ ;  $d=78,6$ .

Из приведенных чертежей следует, что прямолинейная образующая однополостного гиперболоида находится на расчетном расстоянии  $h$  от гори-

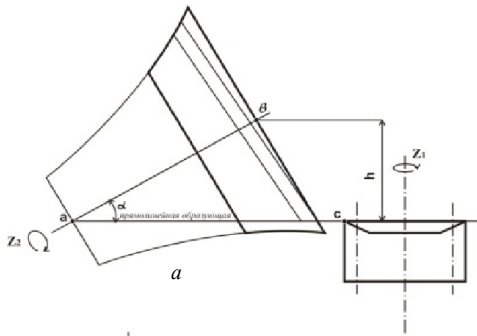


Рисунок 1 – Изготовление гиперboloидной червячной фрезы

$\alpha=10-12^\circ$  и более без применения затыловки. При этом передний угол  $\gamma$  может принимать значения от  $-30^\circ$  до  $+30^\circ$  в зависимости от обрабатываемого материала и его твердости. Это объясняется тем, что проекция передней режущей грани на торцевую плоскость не будет меняться из-за отсутствия операции затылования. Что касается боковых задних углов в гиперboloидных фрезах, то они будут появляться за счет автоматического уменьшения диаметров фрезы в направлении от большего торца к горловому сечению. Величина этих диаметров будет уменьшаться тем больше, чем больше, чем цепь подъема гиперboloидного витка будет приниматься больше, и чем большее количество заходов будет приниматься. Таким образом, в гиперboloидной червячной фрезе получены боковые задние углы больше в 2, 3, 4, 5 раз от углов  $3-4^\circ$ , которые получают в фрезах в настоящее время на машиностроительных заводах мира. Из-за малых задних углов на боковых режущих кромках процесс резания протекает в тяжелых условиях при резком снижении стойкости инструмента. В предлагаемых гиперboloидных фрезах этот недостаток устранен.

Кинематическая пара, смонтированная на скрещивающихся осях, когда одно зубчатое колесо является цилиндрическим, а второе, сопряженное с ним должно быть осуществлено на однополостном гиперboloиде. Однако, в теории зубчатых передач и инструментов, а также на практике не удается осуществить зубчатое колесо и обкатной инструмент на однополостном гиперboloиде из-за кажущейся сложности. Это объясняется тем, что исследователи получают зубья на однополостном гиперboloиде при помощи пальцевой фрезы, которая подается вдоль прямолинейной образующей. При этом гиперboloид получают вращением прямолинейной образующей вокруг оси вращения. В

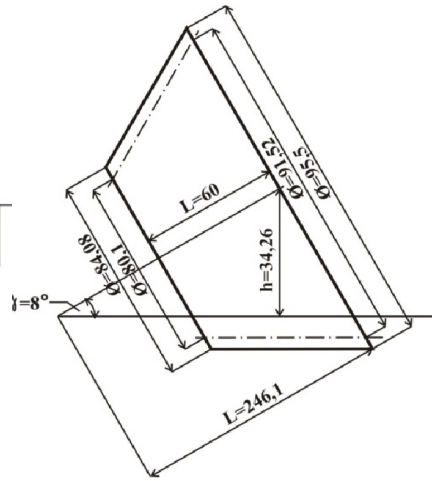


Рисунок 2 – Обработка гиперboloидных поверхностей

горизонтальной плоскости в зависимости от геометрии искомой фрезы. Таким образом, величина  $h$  может принимать значения от нуля до необходимой величины, чтобы получить

горизонтальной плоскости в зависимости от геометрии искомой фрезы. Таким образом, величина  $h$  может принимать значения от нуля до необходимой величины, чтобы получить

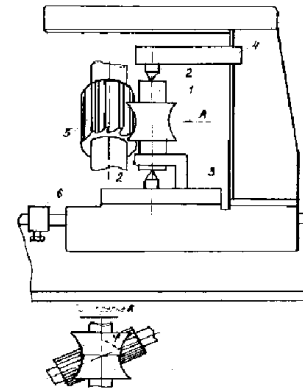


Рисунок 3 – Способ обработки наружных поверхностей однополостных гиперboloидов

этом случае получается канонический гиперboloид  $x^2/a^2 + y^2/b^2 - z^2/c^2 = 1$ .

Лабазов Н.П. в "Способе обработки наружных поверхностей однополостных гиперboloидов" попытался реализовать предложенную схему образования однополостного гиперboloида при помощи цилиндрической фрезы.

Из рисунка 3 видно, как происходит обработка однополостного гиперboloида. Принципиальный недостаток приведенного способа: каждый диаметр фрезы 2 будет изготавливать свой гиперboloид при одном диаметре горлового сечения.

Также из рисунка 3 видно, что между заготовкой 1 и фрезой 2 возникает относительная скорость скольжения  $\vec{v}^{(12)}$ , направленная вдоль режущих лезвий фрезы. Поэтому удовлетворительное резание в этом случае не происходит.

В исследовании предложено заменить цилиндрическую обкатную резец или токарный резец. Переднюю грань расположить по прямолинейной образующей однополостного гиперboloида (рисунк 1).

Обычно обработка наружных поверхностей однополостных гиперboloидов вращения ведется на токарных станках по копирам.

#### Выводы:

1. Гиперboloидные обкатные инструменты не затылуются и остро не затачиваются, так как прямая, которая скрещивается с осью вращения гиперboloида отходит от нарезаемой поверхности впадины цилиндрического колеса, образуя задние кинематические углы червячных фрез.
2. Передняя режущая грань гиперboloидных червячных фрез всегда находится на большем торце. При использовании правого или левого торца однополостного гиперboloида, вращение реверсируется.
3. Показано, что передняя режущая грань в гиперboloидных фрезах может быть любой и располагаться под углом в зависимости от обрабатываемого материала и его твердости. В результате усилия резания можно уменьшить примерно в два раза, то есть снизить потребляемую мощность.
4. Режущая кромка на гиперboloидной фрезе может принимать как простую, так и сложную геометрическую форму. Но так как эта кромка находится не на затылованной и остронезаточенной поверхности, то ее проекция на торец не изменяет свою теоретическую точность.
5. Скорость перемещения режущих кромок гиперboloидной фрезы, влияющая на усилие резания, в основном зависит от угла скрещивания осей колеса и инструмента. Рассматриваемая скорость в меньшей мере зависит от количества обрабатываемых зубьев.

**Список литературы:** 1. Кириченко И.А. Создание гиперboloидных передач с линейным контактом зубьев на базе специальных режущих инструментов: дисс... докт. техн. наук: 05.02.02. – Луганск, 2004. – 350с. 2. Родин П.Р. Основы формообразования поверхностей резанием: [учеб. пос. для мех. специальностей вузов]. – К.: Вища школа, 1977. – 192с. 3. Кириченко И.А. Инструмент для обработки зубьев цилиндрических колес методом зуботочения // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. – Харьков: ХГПУ, 2000. – Вып.89. – С.115-119.

Поступила (received) 30.03.2014