

Рис. 6. Изменение суммарного статического электропотенциала U_{Σ} в зоне контакта от продолжительности контакта τ «сталь 45 – медь М4»: $p=5$ МПа, $\theta=450^{\circ}\text{C}$

Список литературы: 1. Головин Ю.И. Введение в нанотехнологию. – М.: Машиностроение, 2003. – 247 с. 2. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы: Учебное пособие для студентов вузов. – М.: Изд. центр «Академия», 2005. – 192 с. 3. Нано- и микросистемная техника. От исследований к разработкам. / Под ред. П.П. Мальцева. – М.: Техносфера, 2005. – 396 с. 4. Бугенко В.И., Диденко Д.И. Способ триботехнических испытаний. Патент РФ № 2263298, МКИ G 01N3/56. Заявл. 06.04.2004. Оpubл. 27.10.2005. Бюл. № 30.

Сдано в редакцию 15.05.07

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГИПЕРБОЛОИДНОГО КОЛЕС

Витренко В.А., Воронцов Б.С. (ВНУ им. В.Даля, г.Луганск, Украина)

The article investigates profiling of wheels produced from a work-piece of “one-cavity hyperboloid” type. Technological peculiarities of production have been investigated.

Гиперboloидные передачи обладают целым рядом преимуществ. Об этом свидетельствуют исследования ученых, как в нашей стране, так и за рубежом [1-5]. Однако широкому внедрению гиперboloидных зубчатых передач, частным случаем которых являются цилиндригиперboloидные передачи, мешает отсутствие хорошо отработанных технологий изготовления гиперboloидных колес.

Заготовка гиперboloидного колеса имеет вид однополостного гиперboloида. Такие заготовки могут быть изготовлены по копиру (что вызывает определенные затруднения) или при помощи дискового резца с торцовой режущей поверхностью на универсальном станке по схеме, показанной на рис. 1.

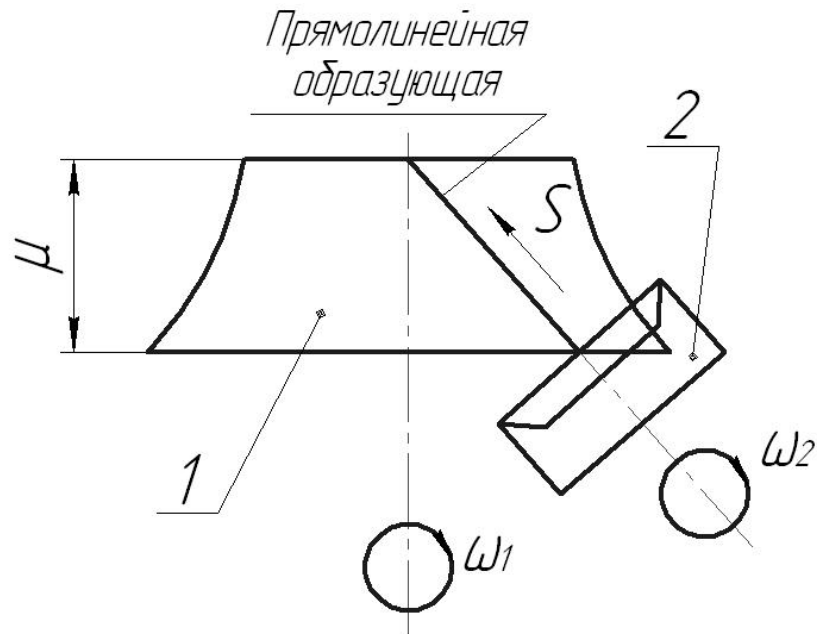


Рис. 1. Способ получения однополостного гиперболоида дисковым резцом

При этом диаметр резца (резец можно заменить сектором) должен равняться диаметру впадин прямозубого цилиндрического колеса, т.е.

$$d_r = d_d - 2,5m = m_n z_1 - 2,5m$$

При этом процесс резания следующий: вращение заготовки 1 и резца 2 кинематически увязаны при помощи гитары деления. Движение по стрелке S зависит только от режимов резания.

Заметим, что при изготовлении гиперболоидной заготовки дисковым резцом, круговая режущая кромка описывает цилиндрическую производящую поверхность.

Найдем поверхность гиперболоидной заготовки 1, которая при вращении вокруг своей оси касалась бы цилиндрической производящей поверхности, которую описывает инструмент 2.

Для этого всей системе (гиперболоидная заготовка - дисковый резец) сообщим угловую скорость, равную и противоположную угловой скорости гиперболоидной заготовки. В этом случае заготовка окажется остановленной, а ось производящей поверхности будет вращаться вокруг оси заготовки и скользить по своему направлению. Вполне очевидно, что ось производящей поверхности будет увлекать за собой и весь цилиндр (вращение которого вокруг своей оси можно, очевидно, во внимание не принимать), огибающая которого в этом движении и представляет искомую поверхность. Здесь мы имеем очень простую задачу огибания, что позволяет решить ее на основании весьма элементарных соображений. Во всяком случае, должно быть ясно, что искомая поверхность есть поверхность вращения. При уменьшении радиуса цилиндра, т.е. цилиндрической производящей поверхности, до нуля мы получим изделие в виде однополостного гиперболоида. На этом основании можно утверждать, что искомая поверхность, получаемая производящей цилиндрической поверхностью, по своему виду должна несколько напоминать однополостной гиперболоид. Эти поверхности можно описать следующими параметрическими уравнениями:

$$\mu = -A_w \frac{\cos^z \gamma}{\sin \gamma} \operatorname{tg} \Psi - r \sin \gamma \sin \Psi \quad (1)$$

$$\rho = (A_w - r \cos \Psi) \sqrt{1 + \cos^z \gamma \operatorname{tg}^z \Psi}$$

где:

A_w - межосевое расстояние;

r - радиус цилиндра;

μ - текущая координата Z_I (расстояние от горлового сечения до рассматриваемого);

γ - угол скрещивания осей;

Ψ - параметр.

Подставляя в уравнение (1) значения параметров, определим искомый радиус ρ в торцовом сечении гиперboloидной заготовки. Таким путем можно определить все промежуточные радиусы ρ .

Промежуточные значения ρ также можно найти при решении системы трансцендентных уравнений. При этом находятся координаты X_I, Y_I для каждого значения Z_I , и затем находится текущий радиус заготовки:

$$\rho = \sqrt{X_I^z + Y_I^z}.$$

Точение гиперboloидных заготовок и нарезание зубьев выполнялись на зубофрезерных станках «Modul» и «Pfauter» на ПО «Лугансктепловоз» и на Луганском станко-строительном заводе.

Для эксперимента были приняты следующие геометрические параметры колес гиперboloидной передачи: цилиндрическое прямозубое зубчатое колесо с количеством зубьев $z_2 = 50$, гиперboloидное зубчатое колесо с $z_1 = 40$, модуль нормальный принят $m = 1,5$ мм и угол скрещивания $\gamma = 120^\circ$.

При таких параметрах делительный диаметр горлового сечения заготовки равен

$$d_a = \frac{mz_2}{\cos 60^\circ} = 120 \text{ мм.}$$

На рис.2 изображена схема нарезания по предлагаемому способу.

После получения гиперboloидной заготовки производят нарезание зубьев методом обкатки при помощи цилиндрических обкаточных инструментов 2 (рис. 3). Нарезание гиперboloидных заготовок можно осуществлять при помощи стандартного долбяка.

Предлагаемый способ отличается тем, что ось долбяка устанавливают по отношению к колесу под углом, равным углу наклона зубьев колеса на делительном цилиндре, а подачу колеса осуществляют вдоль оси долбяка. Такой способ обеспечивает между основными поверхностями линейный контакт в передачах со скрещивающимися осями и повышение нагрузочной способности передачи. Заготовка нарезаемого колеса закрепляется на оправке шпинделя станка. В центрах стола станка устанавливается и закрепляется прямозубый долбяк с любым числом зубьев, ось которого скрещивается под углом β (β – угол наклона зубьев колеса на делительном цилиндре) с осью нарезаемого колеса. Кинематическая цепь настройки станка должна обеспечивать передаточное отношение

$$\omega_k / \omega_\partial = z_\partial / z_k$$

где ω_k – угловая скорость вращения колеса;
 ω_∂ – угловая скорость вращения долбяка;
 z_∂ – число зубьев долбяка;
 z_k – число зубьев нарезаемого колеса.

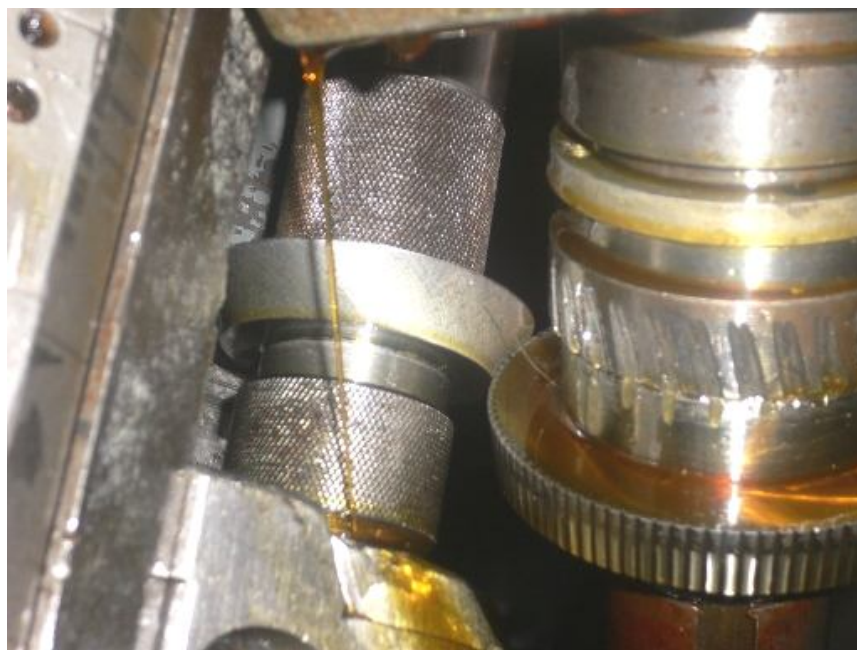


Рис. 2 Процесс изготовления гиперболоидной заготовки

При нарезании осуществляется подача колеса вдоль оси долбяка. Зубчатые колеса, нарезанные по данному способу, имеют выпукло-вогнутую боковую поверхность зубьев, аналогичную с боковыми поверхностями зубьев червячного колеса. Толщина зубьев по дуге одного и того же диаметра является переменной в различных торцевых сечениях колеса, увеличиваясь от его середины к торцам. Поэтому при работе двух таких колес в передаче со скрещающимися осями обеспечивается более плотное прилегание боковых поверхностей зубьев. Таким образом, нагрузочная способность зубчатых колес, нарезанных по данному способу, является более высокой, чем у винтовых колес, нарезанных известным способом.

Главным движением резания является относительная скорость скольжения $\vec{V}^{(12)}$ передних режущих граней цилиндрического обкаточного инструмента 2 о поверхности зубцов 1 на гиперболоидной заготовке. Вышеуказанное относительное скольжение получается за счет скрещивания осей цилиндрического обкаточного инструмента 2 и гиперболоидной заготовки 1 (рис. 3). Чем больше угол β , тем больше скорость $\vec{V}^{(12)}$, тем лучше условия резания. Подача S в мм/об осуществляется вдоль прямой, скрещающейся с осью вращения однополостного гиперболоида (вдоль оси инструмента 2) назначается в зависимости от режимов резания. При этом вращательное и поступательное движение цилиндрического обкаточного инструмента 2 не зависят друг от друга и поэтому являются двумя независимыми параметрами.

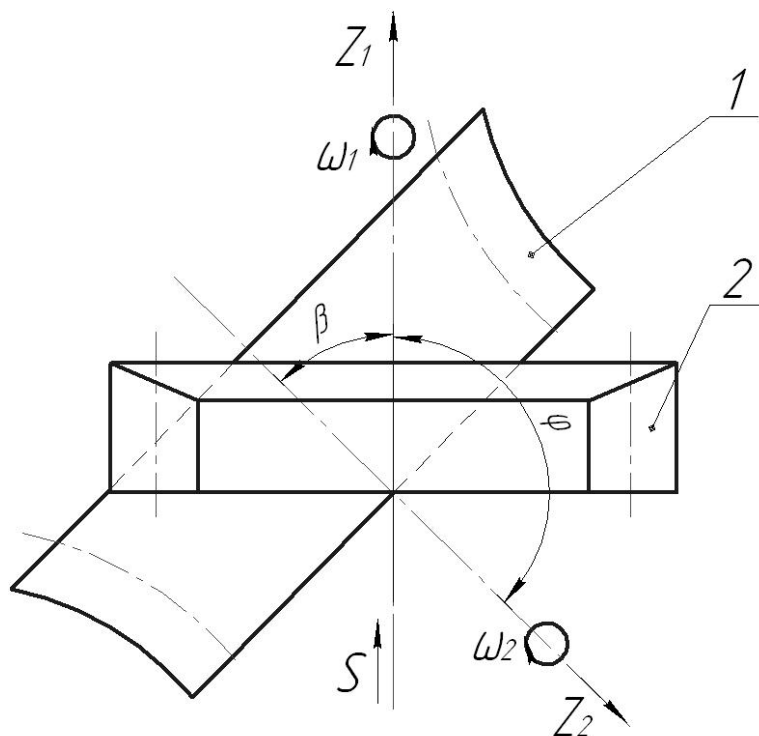


Рис. 3. Схема нарезание зубьев гиперболического колеса

Заметим, что подача S в зависимости от станка, может задаваться гиперболической заготовке параллельно прямой, которая скрещивается с осью вращения однополостного гиперболического.

Описанный способ нарезания гиперболических зубьев может быть реализован, например, на зубофрезерных станках с протяжным суппортом или без протяжного суппорта.

Рассмотрим нарезание зубьев на гиперболическом колесе на зубофрезерном станке с протяжным суппортом. Схема установки прямого колеса и гиперболической заготовки легко усматривается из рис. 3. Вращения происходят по направлению стрелки часов и согласуются при помощи только гитары деления путем подбора сменных шестерен по известной формуле:

$$ac / bd = mk / Z, \tag{2}$$

где a, b, c, d – расчетные зубчатые колеса гитары деления;

m – характеристика зубофрезерного станка (4, 6, 12, 18, 24, 48);

k – количество зубьев на цилиндрическом инструменте;

Z – число зубьев на нарезаемом колесе.

При применении цилиндрического косозубого обкаточного инструмента необходимо настроить еще и гитару дифференциала.

Пример. Определим геометрические параметры нарезаемого гиперболического колеса и обкаточного инструмента со следующими параметрами: $Z_2 = 6$; $m = 1,5 \text{ мм}$; $\beta = 81^\circ$. Торцовый модуль этого колеса $m_t = m / \cos 81^\circ = 1,5 / 0,1564 = 9,5908$. Диаметр делительной окружности гиперболического колеса в горловом сечении $d_2 = m_t \cdot Z_2 = 9,5908 \cdot 6 = 57,54$. Наружный диаметр гиперболического колеса в горловом сече-

нии: $d_{2a} = d_2 + 2,5m = 57,54 + 2,5 \cdot 1,5 = 61,29 \text{ мм}$. Внутренний диаметр гиперболоидного колеса в горловом сечении: $d_{2f} = d_2 - 2,5 \cdot m = 57,54 - 2,5 \cdot 1,5 = 53,79 \text{ мм}$.

Ширину гиперболоидной основной поверхности найдем из условия заострения зубьев на большем торце однополостного гиперболоида. Из условий прочности толщины зубьев гиперболоидной основной поверхности на их вершинах не должна быть меньше допустимой величины. В частности, по рекомендации И.И. Семенченко для эвольвентных передач эта величина не должна быть меньше $(0,3 \dots 0,4) m$, где m - модуль зацепления. Задачу о заострении покажем на примере гиперболоидного зубчатого колеса. В общем случае поставленную задачу решим следующим образом. Задаем z_2 . Поскольку пределы изменения λ для обеих сторон зубьев гиперболоидного колеса $\alpha - \alpha$ и $\beta - \beta$ известны, то из получаемого при этом уравнения

$$z_2 = x_1 \sin \gamma \sin \varphi_1 + y_1 \sin \gamma \cos \varphi_1 + z_1 \cos \gamma,$$

которое приведено к следующему виду:

$$z_2 = [f_1(\lambda) - r_1] \sin \gamma \sin \varphi_1 + f_2(\lambda) \sin \gamma \cos \varphi_1 + \mu \cos \gamma = \text{const} \quad (3)$$

Для заданных λ в пределах рабочих участков профилей зубьев определяем $\varphi_1(\lambda)$. При получаемых значениях $\varphi_1(\lambda)$ определяем x_2, y_2 для профилей $\alpha - \alpha$ и $\beta - \beta$. Изменяя z_2 и повторяя вычисления, получаем совокупность кривых, определяющих профиль гиперболоидного колеса при различных значениях z_2 . При этом для некоторого значения z_2 получаемые кривые, соответствующие профилям $\alpha - \alpha$ и $\beta - \beta$, пересекутся, то есть будет иметь место заострение зубьев нарезаемого колеса. Затем, уменьшая z_2 , можно получить такую ширину гиперболоидного колеса, на торцах которых толщина зубьев на их вершинах будет не менее заданной величины.

На практике ширину гиперболоидного колеса можно найти следующим образом. Получив гиперболоидную заготовку определенной ширины (см. рис.1), нарезают на ней зубья при помощи цилиндрического инструментального колеса (см. рис.4). При увеличенной ширине гиперболоидной заготовки на большем торце произойдет заострение зубьев (витков).

Тогда замером находят место, где ширина зуба равняется рекомендуемой в теории и на практике. Заостренную часть зубьев гиперболоидного колеса удаляют каким-либо технологическим способом.

Выводы.

1. Теоретически найден профиль гиперболоидного колеса, как огибающая цилиндрического зубчатого колеса.
2. Разработаны технологические методы изготовления наружной поверхности и зубьев гиперболоидного колеса.
3. Определены конструктивные параметры гиперболоидных колес и проектируемых на их базе инструментов.



Рис. 4. Нарезание зубьев гиперболоидного колеса

Список литературы: 1. Кириченко И.А. Создание гиперболоидных передач с линейным контактом зубьев на базе специальных режущих инструментов. Дисс. ... докт. техн. наук. – Луганск, 2004. – 350 с. 2. David B. Dooner. Current Design and Manufacture of Generalized Hyperboloidal Gear Pairs // Intern. Conf. On Motion and Power Transmission MPT, 2001 – Fukuoka, Japan, November 15-17, 2001. 3. Родин П.Р., Климов В.И. Технология изготовления зуборезного инструмента. – К.: Техника, 1982. – 207 с. 4. Воронцов Б.С., Витренко В.А., Бочарова И.А., Кириченко И.А. Моделирование гиперболоидных инструментов с использованием САД – систем // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем// Збірник наукових праць. – Краматорськ: ДДМА, вип. №17, 2005. – С. 318-323. 5. Litvin, F.L. Gear Geometry and Applied Theory. Prentice hall, Englewood Cliffs, NJ, 1994, 724 с.

Сдано в редакцию 28.05.07

ВПЛИВ ОЗДОБЛЮВАЛЬНО-ЗМІЦНЮЮЧОЇ ТЕРМОМЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ НА ПАРАМЕТРИ НАКЛЕПУ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ ДЕТАЛЕЙ

Гавриш А.П., Роїк Т.А., Гавриш О.А. (НТУУ "КПІ", м. Київ, Україна)

An article was devoted to questions of studying the details' surfaces quality at fine thermomechanic treatment of details by steel brushes with flex operate elements. An influence of treatment technological factors to depth and value of cold hardening, value of second kind stresses and mosaic blocks dimension have been researched.

У сучасному машинобудуванні заключною фазою виготовлення деталей і машин є нанесення на оброблені поверхні лакофарбових покриттів, для чого ці поверхні повинні бути надійно очищені від корозії, окалини, пригарів, а у випадку ремонту машин - від попередніх шарів фарби.