



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **110823** (13) **C2**  
(51) МПК

**B24B 5/36** (2006.01)  
**B21K 1/30** (2006.01)  
**B23P 15/14** (2006.01)  
**B24B 19/08** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД**

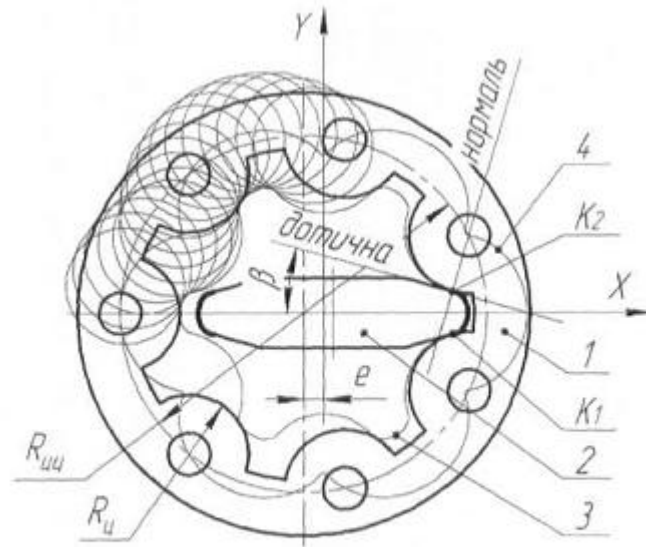
<b>(21)</b> Номер заявки: <b>а 2013 13050</b>	<b>(73)</b> Власник(и): <b>КІРОВОГРАДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,</b> пр. Університетський, 8, м. Кіровоград, 25030 (UA)
<b>(22)</b> Дата подання заявки: <b>11.11.2013</b>	<b>(56)</b> Перелік документів, взятих до уваги експертизою: US 7431635 B2, 07.10.2008 US 4058938 A, 22.12.1977 US 1817405 A, 04.08.1931 US 3782040 A, 01.01.1974 US 1798059 A, 24.03.1931 US 4052928 A, 11.10.1977 US 3774346 A, 27.11.1973 RU 2189895 C2, 27.09.2002 SU 971628 A, 07.11.1982 SU 585050 A, 22.12.1977
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права на винахід: <b>25.02.2016</b>	
<b>(41)</b> Публікація відомостей про заявку: <b>12.05.2015, Бюл.№ 9</b>	
<b>(46)</b> Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.02.2016, Бюл.№ 4</b>	
<b>(72)</b> Винахідник(и): <b>Скібінський Олександр Іванович (UA), Гнатюк Андрій Олександрович (UA), Підгаєцький Михайло Матвійович (UA)</b>	

**(54) СПОСІБ ШЛІФУВАННЯ ВНУТРІШНЬОГО ПРОФІЛЮ ЗОВНІШНЬОГО КОЛЕСА ГЕРОТОРНОЇ ПЕРЕДАЧІ В УМОВАХ ПЛАНЕТАРНОГО ОБКАТУ**

**(57) Реферат:**

Винахід належить до галузі машинобудування і може бути використаний у виробництві коліс героторних передач з внутрішнім зачепленням, а саме абразивній обробці внутрішнього профілю зовнішнього колеса, окресленого огинаючою сімейства еквідистант вкорочених епіциклоїд або цівками постійного радіуса. Спосіб шліфування внутрішнього профілю зовнішнього колеса героторної передачі в умовах планетарного обкату, який складається з позиціонування колеса на поворотному столі, надання складних рухів із заданою між ними швидкістю на поворотному столі, обертання шліфувального круга і його осьовий та радіальний рух подачі, при цьому шліфувальний круг входить всередину оброблюваного колеса для утворення профілю зуба, збереження радіуса профілю шліфувального круга, адекватно радіусу зубця внутрішнього колеса, а також збереження однієї лінії контакту між шліфувальним кругом та внутрішньою периферійною поверхнею оброблюваного колеса, при цьому здійснюючи одночасно кутові та орбітальні рухи в однаковому кутовому напрямку. Процес обробки розділяється на чорнове та чистове шліфування, причому для чорнового шліфування застосовується шліфувальний круг, профіль якого відповідає випуклій частині еквідистанти вкороченої епіциклоїди, а увігнута частина профілю за межами точок контакту інструмента з оброблюваним колесом виконана у вигляді прямих ліній, що співпадають з напрямком дотичних в цих точках. В той же час профіль інструмента для чистового шліфування являє собою увігнуту ділянку еквідистанти до вкороченої епіциклоїди, а випуклі ділянки за межами точок контакту, замінюються прямими лініями, паралельними осі абсцис. Винахід дозволяє підвищити точність і шорсткість коліс героторних передач внутрішнього зачеплення, профілі яких окреслені огинаючими сімейств еквідистант вкорочених епіциклоїд або цівками постійного радіуса.

UA 110823 C2



Фиг. 1

Винахід належить до галузі машинобудування і може бути використаний у виробництві коліс героторних передач з внутрішнім зачепленням, а саме абразивній обробці внутрішнього профілю зовнішнього колеса, окресленого огинаючою сімейства еквідистант вкорочених епіциклоїд або цівками постійного радіуса.

5 Прототипом є спосіб шліфування внутрішнього зачеплення [US7431635]. Спосіб послідовного утворення на внутрішній периферійній поверхні колеса, зубців циклоїдального профілю, який складається з позиціонування колеса на поворотному столі, надання складних рухів із заданою між ними швидкістю на поворотному столі, обертання шліфувального круга і його осьовий та радіальний рух подачі, при цьому шліфувальний круг входить всередину 10 оброблюваного колеса для утворення профілю зуба, збереження радіуса профілю шліфувального круга, адекватно радіусу зубця внутрішнього колеса, а також збереження одної лінії контакту між шліфувальним кругом та внутрішньою периферійною поверхнею оброблюваного колеса, при цьому здійснюючи одночасно кутові та орбітальні рухи в однаковому кутовому напрямку.

15 Головним недоліком способу є нерівномірний розподіл шорсткості виступів та западин оброблюваного профілю, що пояснюється більш щільним контактом інструмента з деталлю при обробці западини і малоконтактністю при обробці виступу.

В основу винаходу поставлена задача підвищення точності і шорсткості коліс героторних передач внутрішнього зачеплення, профілі яких окреслені огинаючими сімейств еквідистант 20 вкорочених епіциклоїд або цівками постійного радіуса.

Поставлена задача вирішується тим, що процес обробки розділяється на чорнове та чистове шліфування, причому для чорнового шліфування застосовується шліфувальний круг, профіль якого відповідає випуклій частині еквідистанти вкороченої епіциклоїди, а увігнута частина профілю за межами точок контакту інструмента з оброблюваним колесом виконана у 25 вигляді прямих ліній, що співпадають з напрямком дотичних в цих точках, в той же час профіль інструмента для чистового шліфування являє собою увігнуту ділянку еквідистанти до вкороченої епіциклоїди, а випуклі ділянки за межами точок контакту, замінюються прямими лініями, паралельними осі абсцис.

Суть винаходу пояснюють креслення, де 30 на фіг. 1 показано профілювання інструмента для чорнового шліфування, на фіг. 2 - профілювання інструмента для чистового шліфування, на фіг. 3 - формоутворення інструментом з випуклим профілем, на фіг. 4 - формоутворення інструментом з увігнутих профілем, фіг. 5 - конструктивна реалізація способу шліфування.

35 На фіг. 1 зображено профілювання робочої частини шліфувального круга в зачепленні інструмент - оброблюване колесо 1, де профіль інструмента 2 окреслений еквідистантою 3 до вихідної вкороченої епіциклоїди 4. Параметричні рівняння еквідистанти вкороченої епіциклоїди, що описує профіль інструмента мають вигляд:

$$X(\varphi) = R_{\text{цц}} \cos(\varphi/z) + e \cdot \cos\varphi - \frac{R_{\text{ц}} \cdot (R_{\text{цц}} \cdot \cos(\varphi/z) + e \cdot z \cdot \cos\varphi)}{\sqrt{(e \cdot z)^2 + R_{\text{цц}}^2 + 2 \cdot e \cdot z \cdot R_{\text{цц}} \cdot \cos(\varphi \cdot (z-1)/z)}},$$

$$40 \quad Y(\varphi) = R_{\text{цц}} \sin(\varphi/z) + e \cdot \sin\varphi - \frac{R_{\text{ц}} \cdot (R_{\text{цц}} \cdot \sin(\varphi/z) + e \cdot z \cdot \sin\varphi)}{\sqrt{(e \cdot z)^2 + R_{\text{цц}}^2 + 2 \cdot e \cdot z \cdot R_{\text{цц}} \cdot \cos(\varphi \cdot (z-1)/z)}},$$

де  $z$  - число зубців оброблюваного цівкового колеса;  $e$  - ексцентриситет передачі;  $R_{\text{цц}}$  - радіус центрів зубців оброблюваного колеса;  $R_{\text{ц}}$  - радіус зубця (цівки) оброблюваного колеса (задається кінцеве значення, що відповідає готовій деталі);  $\varphi$  - кутовий параметр для побудови кривої.

45 Оброблюване колесо з інструментом контактує в двох точках  $K_1$  і  $K_2$ . Ділянка профілю круга між двома точками контакту є достатньою для формоутворення профілю цівкового колеса в процесі обкату. Координати точок дотику можуть бути знайдені з параметричних рівнянь. Для точки дотику  $K_1 \varphi = -180^\circ$  або  $-\pi$  в радіанах, відповідно для  $K_2 - \varphi = \pi$ . Для побудови профілю інструмента  $\varphi \in (-\pi; \pi)$ . Подальша частина профілю за межами точок  $K_1$  і  $K_2$  виконана у вигляді 50 прямих ліній, що співпадають з напрямком дотичної в точках контакту. Кут між дотичною до профілю в точці  $K_1$  і додатним напрямком осі  $OX$  визначається за формулою:

$$\beta = -\frac{180}{\pi} \cdot \operatorname{arctg} \left( \frac{R_{\text{цц}} \cdot \cos \frac{\pi}{z} - e \cdot z}{R_{\text{цц}} \cdot \sin \frac{\pi}{z}} \right).$$

На фіг. 2 показано застосування як профілю інструмента увігнутої ділянки вкороченої епіциклоїди. В основу побудови покладена аналогічна вкорочена епіциклоїда, але зміщена по фазі на кут  $\frac{\pi}{z-1}$ . Параметричні рівняння еквідистанти такої епіциклоїди мають вигляд:

$$5 \quad \begin{aligned} X(\varphi) &= e \cdot \cos \varphi - R_{\text{цц}} \cos(\varphi/z) + \frac{R_{\text{ц}} \cdot (R_{\text{цц}} \cdot \cos(\varphi/z) - e \cdot z \cdot \cos \varphi)}{\sqrt{(e \cdot z)^2 + R_{\text{цц}}^2 - 2 \cdot e \cdot z \cdot R_{\text{цц}} \cdot \cos(\varphi \cdot (z-1)/z)}}, \\ Y(\varphi) &= e \cdot \sin \varphi - R_{\text{цц}} \sin(\varphi/z) + \frac{R_{\text{ц}} \cdot (R_{\text{цц}} \cdot \sin(\varphi/z) - e \cdot z \cdot \sin \varphi)}{\sqrt{(e \cdot z)^2 + R_{\text{цц}}^2 - 2 \cdot e \cdot z \cdot R_{\text{цц}} \cdot \cos(\varphi \cdot (z-1)/z)}}. \end{aligned}$$

Тут значення кутового параметра для точки  $K_1$  буде відповідати  $\varphi = \frac{-\pi}{z-1}$  і  $\varphi = \frac{\pi}{z-1}$  для  $K_2$  відповідно.

10 На фіг. 3 показана схема формоутворення шліфувальним кругом з випуклим профілем. При формоутворенні западини інструмент повністю прилягає до ділянки западини, завдяки чому забезпечується висока якість шліфованої поверхні цієї ділянки. При проходженні вздовж виступу оброблюваного профілю, площа прилягання інструмента з деталлю різко зменшується. При цьому матеріал знімається невеликими сегментами, площа перерізу яких постійно змінюється в залежності від положення точки контакту.

15 На фіг. 4 показана схема формоутворення шліфувальним кругом з увігнутим профілем. Така геометрія не дозволяє отримати западину, і може бути використана виключно при шліфуванні виступу. У випадку, коли профіль оброблюваного колеса окреслений цівками постійного радіуса і формою міжцвкової западини можна знехтувати, більш сприятливим буде шліфування інструментом з увігнутим профілем. Це пояснюється більш щільним приляганням профілів інструмента та деталі, кривизна обох профілів має однаковий знак і близька за значенням, зрізи мають більш рівномірний характер, та охоплюють велику частину профілю, в результаті чого можна досягти високих показники якості оброблюваної поверхні виступу. У випадку, коли профіль оброблюваного колеса окреслений огинаючою сімейства еквідистант вкорочених епіциклоїд і знехтувати формою міжзубової западини неможливо, шліфування кругом з увігнутим профілем є недостатнім для формоутворення повноцінного профілю за одну установку, в той же час шліфування кругом з випуклим профілем забезпечує формоутворення повного профілю за одну установку, але має місце нерівномірний розподіл шорсткості.

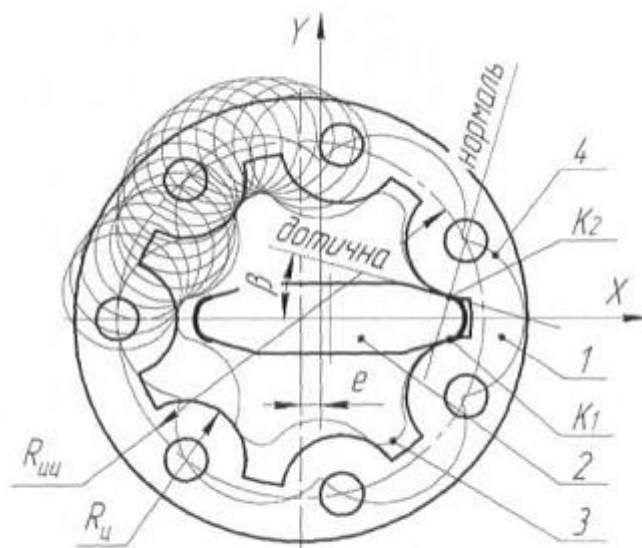
20 Для повноцінної обробки профілю, окресленого огинаючою сімейства еквідистант вкорочених епіциклоїд необхідно розділити процес обробки на чорнове і чистове шліфування, причому обидві стадії можуть бути реалізовані на одному верстаті з використанням привідної шліфувальної головки. Чорнове шліфування слід здійснювати шліфувальним кругом з випуклим профілем, а чистове - кругом з увігнутим профілем.

30 На фіг. 5 зображена конструктивна реалізація способу шліфування внутрішнього циклоїдального профілю героторної передачі в умовах обкату. Запропонований спосіб шліфування може бути реалізований на внутрішньо-шліфувальних, профільно-шліфувальних або координатно-шліфувальних верстатах, до шліфувальної бабки яких приєднується спеціальне пристосування з привідним механізмом. Верстат оснащуються планетарним пристроєм, завдяки чому оброблювана деталь поз. 1 здійснює рух обкату, адекватний рухові при роботі циклоїдальної передачі при умові, що внутрішній ротор нерухомий. Шліфувальний круг 2 жорстко з'єднаний із зубчатим шківом 3 на одній осі, яка в свою чергу кріпиться в корпусі шліфувальної головки 4. Обертання шліфувального круга здійснюється від окремого приводу, через ремінну зубчасту передачу 5. Зворотно-поступальний рух  $\omega$  шліфувальної головки задається кінематикою верстата. В результаті узгоджених рухів виконавчих органів верстата, відбувається формоутворення кінцевого профілю оброблюваного колеса. Знімання припуску відбувається вздовж формоутворюючої лінії, яка кінематично породжується у вигляді синусоїди - графіку коливань інструмента, відображеного на поверхні оброблюваного профілю. Можливо застосовувати шліфувальні круги, що потребують і такі, що не потребують періодичної правки.

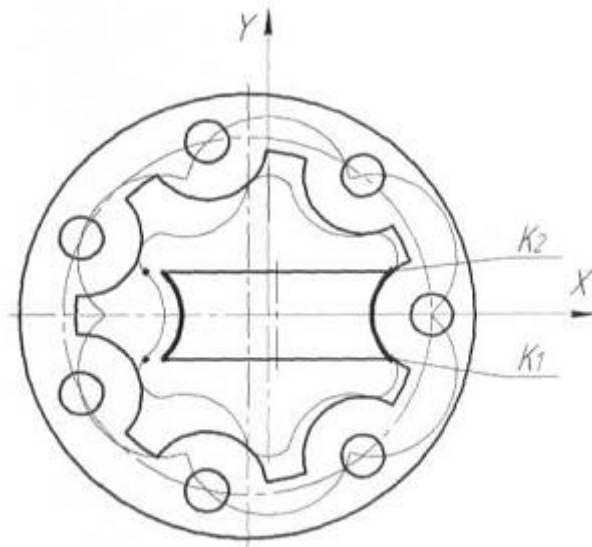
45 Перевагою заявлюваного методу є стабілізація шорсткості на ділянках виступів і западин, та рівномірного її розподілу вздовж усієї внутрішньої циклоїдальної поверхні.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

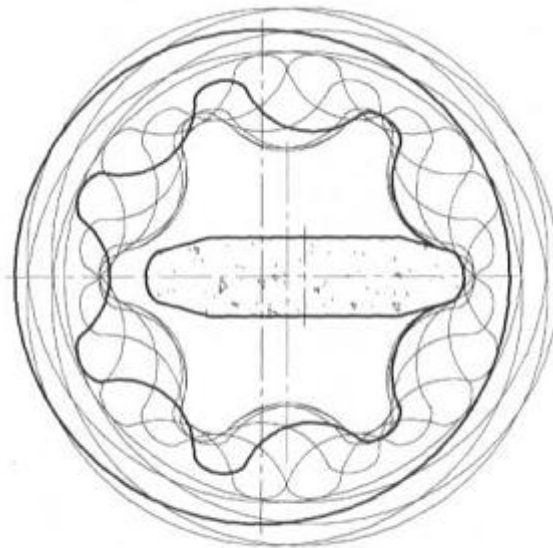
5 Спосіб шліфування внутрішнього профілю зовнішнього колеса героторної передачі в умовах планетарного обкату, який складається з позиціонування колеса на поворотному столі, надання складних рухів із заданою між ними швидкістю на поворотному столі, обертання шліфувального круга і його осьовий та радіальний рух подачі, при цьому шліфувальний круг входить всередину оброблюваного колеса для утворення профілю зуба, збереження радіуса профілю шліфувального круга, адекватно радіусу зубця внутрішнього колеса, а також збереження однієї лінії контакту між шліфувальним кругом та внутрішньою периферійною поверхнею оброблюваного колеса, при цьому здійснюючи одночасно кутові та орбітальні рухи в однаковому кутовому напрямку, який **відрізняється** тим, що процес обробки розділяється на чорнове та чистове шліфування, причому для чорнового шліфування застосовується шліфувальний круг, профіль якого відповідає випуклій частині еквідистанти вкороченої епіциклоїди, а увігнута частина профілю за межами точок контакту інструмента з оброблюваним колесом виконана у вигляді прямих ліній, що співпадають з напрямком дотичних в цих точках, в той же час профіль інструмента для чистового шліфування являє собою увігнуту ділянку еквідистанти до вкороченої епіциклоїди, а випуклі ділянки за межами точок контакту, замінюються прямими лініями, паралельними осі абсцис.



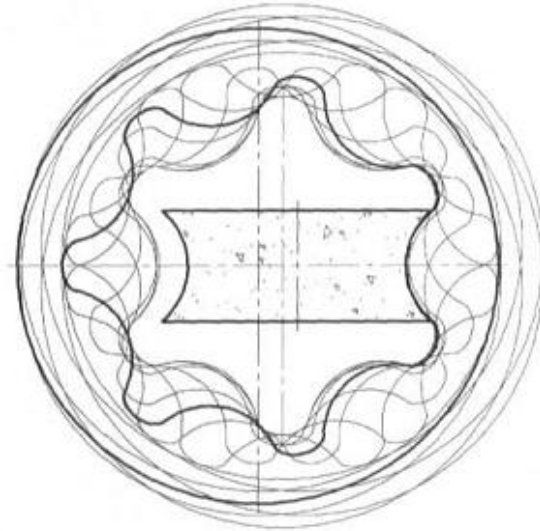
Фіг. 1



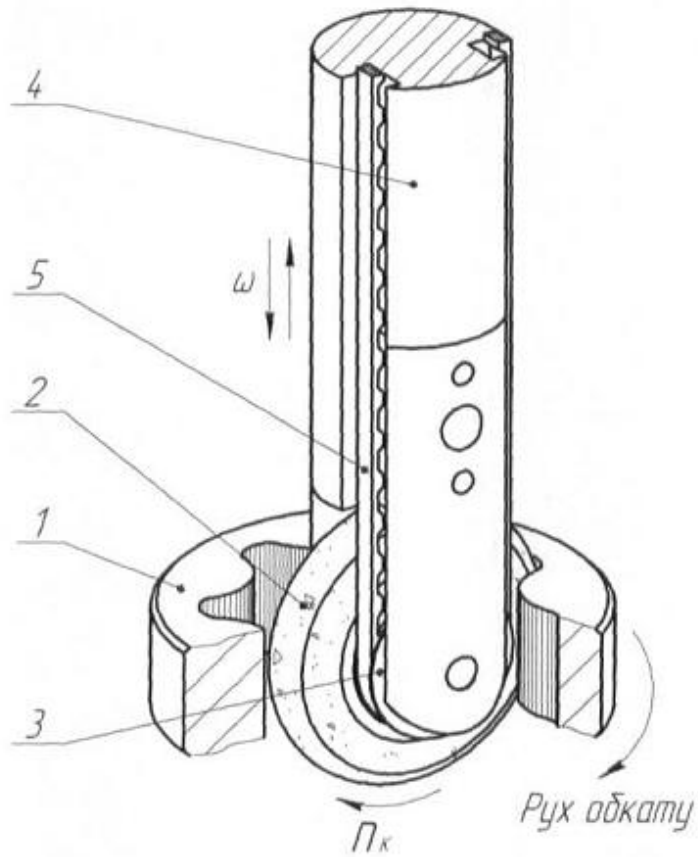
Фиг. 2



Фиг. 3



Фіг. 4



Фіг. 5

---

Комп'ютерна верстка Л. Литвиненко

---

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

---

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601