

УДК 621.9

П.М. Громико, к.т.н.  
 О.О. Жолобов, к.т.н.  
 С.М. Хатетовський, к.т.н.

Могильовський державний технічний університет (Білорусь)

### ОСНАЩЕННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ ЗУБІВ САТЕЛІТА ПЛАНЕТАРНОЇ ПРЕЦИЗІЙНОЇ ПЕРЕДАЧІ

*Розглянуто конструкції спеціальних верстатних пристосувань для обробки зубів сателіта планетарної прецизійної передачі. Пристосування розроблені на основі кінематичної схеми передачі. Описуються основні особливості кожного з пристосувань, а також їхні технологічні можливості.*

Останнім часом усе більша увага приділяється таким видам механічних передач, як ексцентриківі. Це визвано потребою техніки в малогабаритних механічних приводах, до яких ставляться вимоги із забезпечення високого ККД, великих передатних відношень тощо. Одним із видів ексцентриківих передач є планетарні прецизійні передачі (ППП), вивчення яких почалося порівняно недавно. При цьому на сьогодні вже розроблено безліч конструктивних варіантів таких передач. Перспективним варіантом ППП є передача, якою займаються фахівці Могильовського державного технічного університету [1, 2] (рис. 1). Особливістю цієї передачі є наявність просторових зубів на циліндричній поверхні сателіта, який при зачепленні із центральним колесом з обертанням кривошипа робить прецизійний рух.

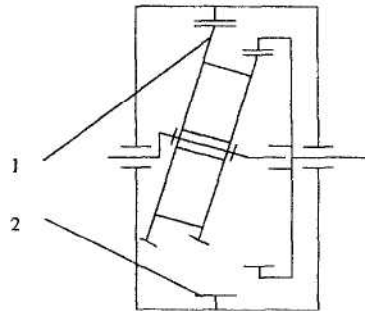


Рис. 1. Кінематична схема планетарної прецизійної передачі:  
 1 – сателіт; 2 – центральне колесо

Зуби сателіта неможливо обробити на стандартному зуборізному устаткуванні без спеціального оснащення або інструмента. Для обробки зубів сателіта було розроблено низку спеціальних верстатних пристосувань до таких універсальних верстатів, як вертикально-фрезерний, зубофрезерний і зубодовбальний. Особливістю даних пристосувань є подібність їхніх кінематичних схем із кінематичною схемою планетарної прецизійної передачі.

Пристосування для вертикально-фрезерного верстата (рис. 2) розміщується на столі верстата.

Він складається з оправки 1, на якій за допомогою шпонки жорстко закріплена коса втулка 2, осі зовнішньої та внутрішньої циліндричних поверхонь якої перетинаються під кутом нутації  $\alpha$ . Коса втулка 2 входить разом із сателітом 3 у вузол, що встановлюється після обробки в ППП. Сателіт 3 і коса втулка 2 становлять обертальну пару. Осьове переміщення косої втулки 2 на оправці 1 обмежене косими шайбами 4 і 5. Сателіт 3 входить у зачеплення з інструментами 6, що становлять циліндричну і конусну частини. Інструменти 6, що представляють собою стрижні, жорстко закріплені на основі 7, розміщеній на столі вертикально-фрезерного верстата 8.

Пристрій працює таким чином. Оправка 1, що закріплена за допомогою цангового патрона в шпинделі верстата, передає обертання косій втулці 2. Завдяки кутовому зсуву зовнішньої та внутрішньої циліндричних поверхонь втулки 2, вісь сателіта 3 робить прецизійний рух.

Попередньо нарізані на зуборізному (зубофрезерному або зубодовбальному) устаткуванні евольвентні зуби сателіта 3 входять у зачеплення з інструментами 6, що змушує сателіт 3 робити крім прецизійного руху ще й обертальний рух навколо своєї осі. Ці два рухи є робочими рухами різання. Наявність конічної частини на інструментах 6 дозволяє здійснювати радіальну подачу інструментів відповідно до осевого переміщення зверху вниз прецизійного колеса.

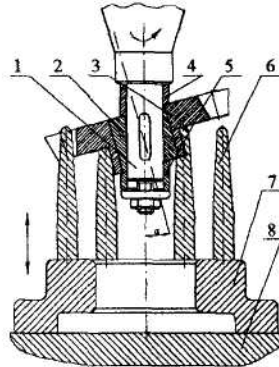


Рис. 2. Схема спеціального пристосування для обробки зубів сателіта до вертикально-фрезерного верстата: 1 - оправка; 2 - коса втулка; 3 - сателіт; 4, 5 - косі шайби; 6 - інструменти; 7 - основа; 8 - стіл верстата

Кількість інструментів у пристрої повинна дорівнювати кількості зубів центрального колеса, спряженого з оброблюваним сателітом у ППП.

На рис. 3 зображена конструктивна схема пристосування до зубофрезерного верстата. Пристрій містить оправку 1, на якій базується і кріпиться за допомогою втулок 3, 4, 5 і гайки 6 оброблювана деталь 2. Повздовжня вісь оправки утворює з віссю стола верстата 13 кут нутації  $\alpha$ , що фіксується за допомогою універсальних шарнірів 7 і 8, верхній з яких (шарнір 7) встановлюється на верстаті таким чином, що його центр співпадає з центром прецесії оправки. Обертання на оправку передається за допомогою нижнього універсального шарніра 8, який встановлюється з ексцентриситетом щодо осі стола 13 у підшипниках 9 водила 10 планетарної передачі. На шарнірі 8 кріпиться сателіт 11, що спряжений з центральним зубчастим колесом 12, яке жорстко закріплене на верстаті. Водило 10 кріпиться до стола верстата 13 гвинтами.

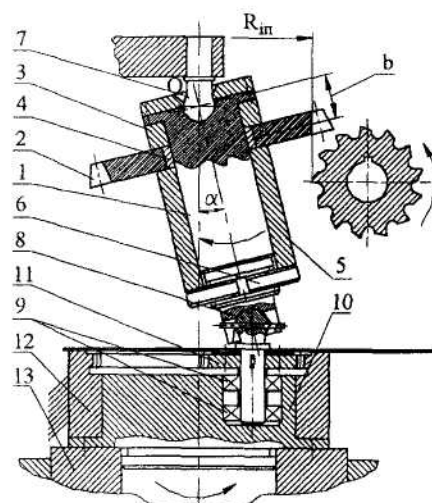


Рис. 3. Схема пристрою для обробки зубів сателіта для зубофрезерного верстата: 1 - оправка; 2 - заготовка; 3, 4, 5 - втулки; 6 - гайка; 7, 8 - універсальні шарніри; 9 - підшипники; 10 - водило; 11 - сателіт пристрою; 12 - центральне зубчасте колесо пристрою; 13 - гвинти; O - центр прецесії;  $R_{in}$  - настроювальний розмір

Пристрій працює так. Обертання стола верстата 13 передається водилу 10, яке, обертаючись, переміщує вісь шарніра 8 по круговій траєкторії з центром на осі стола верстата. При цьому сателіт 11, що входить у зачеплення з центральним зубчастим колесом 12, обертається навколо власної осі в підшипниках 9 у бік, що протилежний до обертання стола верстата 13. Обертання шарніра 8 передається на оправку 1 під кутом нутації  $\alpha$ . Внаслідок цього оправка 1 робить такі рухи: обертання щодо власної осі завдяки обертанню сателіта 11, хитання по конічній траєкторії (прецизійний рух) завдяки обертанню центра шарніра 8 по колу з центром на осі стола верстата 13.

При використанні даного пристосування ланцюг розподілу зубофрезерного верстата налаштовується на передатне відношення, обумовлене з такого виразу:

$$i_x = \frac{1}{v + z_c \cdot i_n}, \quad (1)$$

де  $v$  – різниця між кількістю зубів центрального колеса ППП і оброблюваного сателіта;  $i_n$  – передатне відношення планетарної передачі пристосування.

Загальний вигляд пристосування до зубодовбального верстата показаний на рис. 4. Заготовка 1 закріплюється за допомогою гайки 2 на оправці 3. Заготовка може являти собою зубцюватий блок, причому кількість зубів вінців повина бути однаковою. В конструкцію оправки 3 входить зубцюватий вінець із кількістю зубів, яка дорівнює кількості зубів кожного з вінців заготовки 1. Оправка 3 розміщена за допомогою кришки 4 у корпусі пристосування 5. Оправка 3 базується в корпусі 5 у косому отворі таким чином, щоб точка перетину її поздовжньої осі 6 і осі корпуса пристосування 7 знаходилася на строго визначеній відстані до заготовки 1. Точка перетину осей 6 і 7 еквівалентна центру прецесії, а відстань від неї до заготовки 1 відповідає відстані від центра прецесії до сателіта в ППП. Кутове положення оправки 3 щодо корпуса пристосування 5 визначається фіксатором 8. Для візуального спостереження за фіксатором у кришці 4 передбачено спеціальне вікно. Пристосування кріпиться на столі 9 зубодовбального верстата за допомогою прихватів або болтів.

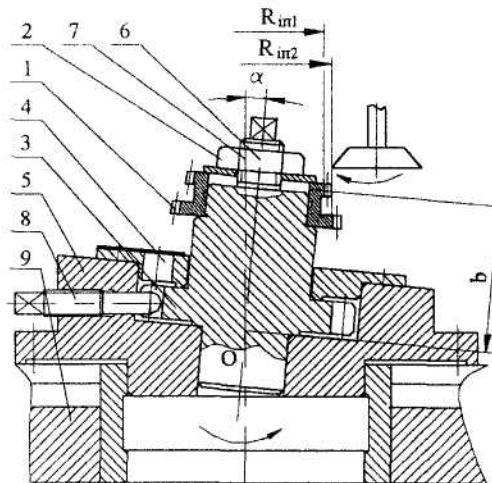


Рис. 4. Схема пристрою для обробки зубів сателіта для зубодовбального верстата:  
1 – заготовка; 2 – гайка; 3 – оправка; 4 – кришка; 5 – корпус; 6 – поздовжня вісь заготовки; 7 – вісь корпуса пристосування; 8 – фіксатор; 9 – стіл верстата;  
O – центр прецесії;  $R_{in1}$ ,  $R_{in2}$  – настроювальні розміри

Принцип дії пристосування такий. Перед початком обробки заготовку 1 фіксують фіксатором 8 і закріплюють. Інструмент-довбачку налагоджують за розмірами  $R_{in1}$  або  $R_{in2}$  у залежності від того, який вінець обробляється в даний момент.

Далі проводять обробку заготовки 1 по всьому контуру. Після одного такого циклу обробки верстат зупиняється і заготовка 1 за допомогою фіксатора 8 повертається на один зуб щодо корпуса пристосування 5. Потім повторюється цикл обробки. Так продовжується доти,

доки заготовка 1 не буде повернена відносно корпусу 5 на її повну кількість зубів. Після обробки одного вінця також обробляється при його наявності й інший вінець.

Частота обертання сателіта повинна бути пов'язана з частотою обертання довбачки у відповідності з даним виразом:

$$n_c = n_d \cdot \frac{z_k}{z_d}, \quad (2)$$

де  $n_c$  – частота обертання сателіта;  $n_d$  – частота обертання довбачки;  $z_k$  – кількість зубів центрального колеса ППП;  $z_d$  – кількість зубів довбачки.

Прийняття для вертикально-фрезерного верстата має найбільшу точність і продуктивність у порівнянні з іншими верстатними пристосуваннями. Але на ньому неможливо обробляти зуби сателітів різних типорозмірів. Пристосування для зубофрезерного верстата більш універсальне, але черв'ячна фреза не може забезпечувати великий коефіцієнт зсуву оброблюваних зубів. Значення коефіцієнта зсуву не перевищує 1. Пристосування для зубодовбального верстата має саму низьку продуктивність із перерахованих вище пристосувань, проте на ньому досягаються великі коефіцієнти зсуву (1,5 ... 2,0) оброблюваних зубів сателіта ППП.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Громько П.Н. Оптимизация разных структурных вариантов соосных механических передач Новые технологии и оборудование в промышленности. – Могилев. – 1997. – С. 47–49.
2. Громько П.Н. Способы минимизации механических потерь в зацеплении при создании новых видов механических передач. Трение и снос. – Минск. – Т. 16. – № 3. – 1995. – С. 568–573.

ЖОЛОБОВ Олександр Олексійович – кандидат технічних наук, проректор з навчальної роботи Могильовського державного технічного університету (Білорусь).

Наукові інтереси:

– прогнозування поведінки технологічних систем і процесів на стадії їхнього проектування.

ГРОМИКО Петро Миколайович – кандидат технічних наук Могильовського державного технічного університету (Білорусь).

Наукові інтереси:

– механічні передачі.

ХАТЕТОВСЬКИЙ Станіслав Миколайович – кандидат технічних наук Могильовського державного технічного університету (Білорусь).

Наукові інтереси:

– механічні передачі.

Подано 2.07.2001