

Лекція 2.7

Тема 2.4 Обробка зубчастої поверхні

Технологічне оснащення зубонарізувальних верстатів

- 1) Види зубчастих передач, їх службове призначення.
- 2) Пристосування зубонарізувальних верстатів.

1 Види ЗК, їх службове призначення

В передачах сучасних машин широко застосовують ЗК, різноманітні за формою, розмірами та профілем – від невеликих ЗК для приладобудування до ЗК спеціального профілю для важкого машинобудування.

Розрізняють **силові** зубчасті передачі, призначені для передачі крутного моменту зі зміною частоти обертання валів, і **кінематичні**, призначені для передачі обертального руху між валами при відносно невеликих крутних моментах. Зубчасті передачі, що використовуються в різних механізмах і машинах, ділять на **циліндричні, конічні, черв'ячні, гіперболоїдні (гвинтові і гіпоїдні)** (рис.1).

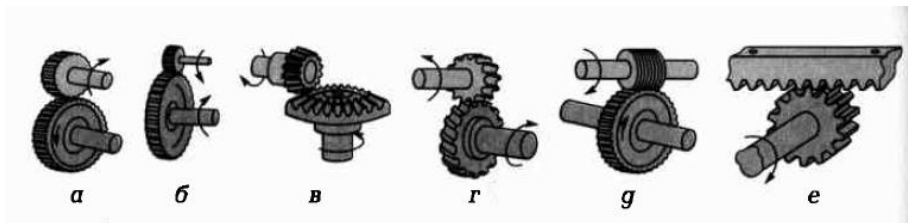


Рисунок 1 – Види зубчастих передач

а) циліндричне прямозубе колесо; б) циліндричне косозубе колесо; в) конічна передача з осями, що перетинаються; г) зубчаста передача з перехресними осями, що складається з двох ЗК з гвинтовими зубами; д) черв'ячна передача (з перехрещеними осями); е – реєчна передача; ж) хвильова передача;

Конічні колеса можуть бути з **прямими, косими та криволінійними** зубами. Черв'ячна передача відрізняється від інших тим, що один елемент передачі являє собою гвинт (черв'як), а інший – ЗК з фасонним зубом, що зачіплюється з витками гвинта. У реєчній передачі один елемент – це ЗК з прямими чи косими зубами, інший – зубчаста рейка, яку можна представити як

ЗК з безкінечно великою кількістю зубів. Рєєчна пара передає рух як від ЗК до рейки, так і навпаки.

Найбільшого поширення набули циліндричні, конічні і черв'ячні передачі (рис.2).

Циліндричні ЗК служать для передачі обертального руху від одного вала до іншого при рівнобіжному розташуванні осей валів (рис. 2, а). Тільки в окремих випадках при осях валів, що перетинаються в просторі під прямим кутом, застосовують косозубі колеса (рис. 2, б). Їх виготовляють з прямими і косими зубами, рідше – з шевронними.

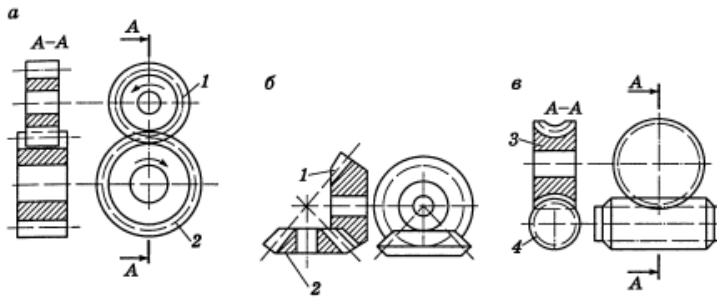


Рисунок 2 – Види зубчастих передач

а – циліндрична; б – конічна; в – черв'ячна;

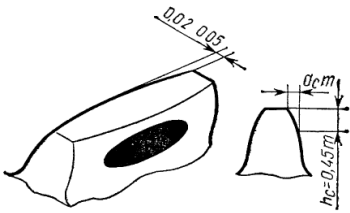
1 – шестерня; 2 – зубчасте колесо; 3 – черв'ячне колесо; 4 – черв'як

Основні механізми, в яких використовуються циліндричні ЗК, наступні: коробки передач тракторів, комбайнів і автомобілів, редуктори, передавальні механізми верстатів та ін.

Однак у косозубих коліс є переваги, основними з яких є висока плавність передачі, тому що коефіцієнт перекриття в косозубих передачах вище, ніж у прямозубих, і дотик робочих поверхонь зубів здійснюється по похилих контактних лініях, в результаті чого одночасно в зачепленні знаходяться мікроповерхні, що належать різним ділянкам профілів.

У швидкохідних механізмах косозубі колеса забезпечують менший шум роботи в порівнянні з прямозубими. Для правильного зачеплення прямого зуба необхідно, щоб дотик його профілю зуба (пляма контакту) здійснювався по всій його довжині на 60-80 % довжини зуба в середній частині. Щоб забезпечити дотик по такій плямі, яка задається технічними умовами, зуби ЗК виконують бочкоподібними (рис. 3). До торців зуб робиться вужчим на 0,02-0,05 мм, ніж на

середині при довжині зуба 25-30 мм. Бочкоподібність компенсує неточність розташування осей валів коробок передач.



Поряд з позитивними сторонами косозубі колеса мають і негативні, такі як виникнення осьових сил, які стараються імітувати вал і підшипники в осьовому напрямку, що приводить до ускладнення конструкції редуктора.

Щоб не збільшувати розміри редукторів, при передачі великих крутних моментів і потужностей застосовують колеса із шевронним зубом замість коліс із прямим або косим зубом. Такі колеса мають два вінці, в яких нахил зубів виконаний в різних напрямках, що приводить до виникнення осьових зусиль направлених у протилежні сторони, які компенсують одна одну.

Для кожної ступені точності встановлені норми кінематичної точності колеса, плавності роботи колеса, контакту зубів, бокового зазору.

Норми кінематичної точності визначають величину найбільшої похибки кута повороту зубчастих коліс за оберт при однопрофільному зачепленні з точним колесом. Ця похибка виникає при нарізанні ЗК внаслідок похибок взаємного розташування заготовки оброблюваного колеса і ріжучого інструменту, а також внаслідок кінематичної похибки зуборізного верстата.

Норма плавності роботи ЗК визначає величину складових повної похибки кутів повороту ЗК, багаторазово повторюваних за оберт колеса.

Плямою контакту називається частина бічної поверхні зуба колеса, на якій розташовуються сліди прилягання його до зубів парного колеса після обертання передачі при легкому гальмуванні.

Боковим зазором називається зазор між зубами спряжених коліс в передачі, що забезпечує вільний поворот одного з коліс при нерухомому другому колесі. Бічний зазор визначається в перетині, перпендикулярному напрямку зубу в площині, дотичній до основних циліндрів.

ГОСТ 1643-81 передбачені норми бічних зазорів, які відповідно до експлуатаційних вимог можуть бути різними. Необхідну величину зазору отримують в основному в результаті зміщення вихідного контуру.

Точність виготовлення циліндричних ЗК і передач задається ступенем точності, а вимоги до бічного зазору – видом сполучення за нормами бічного зазору.

Циліндричні ЗК залежно від їх службового призначення, також можуть розрізнятися між собою:

1 За габаритними розмірами: у машинобудуванні залежно від призначення, можна зустріти ЗК діаметром до 6300 мм та більше з шириною зубчатого вінця до 1250 мм. Зубофрезерні верстати виготовляються для обробки ЗК діаметром до 12000 мм. Розмірний ряд коліс, для яких установлюються допуски ГОСТ 1643-81, включає розміри коліс діаметром до 5000 мм.

2 За величиною модуля: у приладах і годинникових механізмах найменше значення модуля 0,1.. 0,2 мм. У важкому машинобудуванні найбільше значення модуля 50 мм ГОСТ 1643-81 на циліндричні колеса передбачає ЗК з модулем 1...50 мм.

3. За точністю та класом чистоти обробки: відповідно до ГОСТ 1643-81 визначені ступені точності, що розташовуються в порядку зниження точності 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 та 12. Для ступені точності 1, 2 і 3 допуски і граничні відхилення в стандарті не передбачені через дуже високу точність. Ці ступені передбачені для майбутнього розвитку техніки. Для кожної ступені точності ЗК і передач встановлені **норми: кінематичної точності, плавності роботи та контакту зубів зубчастих коліс.**

4 У першу чергу точність пов'язана зі швидкістю. Чим більше швидкість обертання, тим точніше повинні бути виконані ЗК.

Згідно ГОСТ 1643-81 встановлено шість видів спряжень зубчастих коліс у передачах: А, В, С, D, Е, Н та вісім видів допуску на боковий зазор – х, у, z, а, b, с, d, h. Позначення подані в порядку зменшення величини бокового зазору і допуску на нього (А = 1 ... Н = 0).

Приклад умовного позначення точності циліндричної передачі: 8-7-6 В а ГОСТ 1643-81, де 8 – восьма ступінь норми кінематичної точності; 7 – сьома ступінь норми плавності зачеплення; 6 – шоста ступінь норми контакту зубів, В – вид спряження, а – вид допуску на боковий зазор

Примітка: У випадку коли на одну із норм не задається ступінь точності, замість відповідної цифри вказується буква N, наприклад: 8-N-6 В а ГОСТ 1643-81.

В сучасному машинобудуванні застосовують в основному ЗК з евольвентним профілем.

2 Пристосування зубонарізувальних верстатів

Установка і затиск зубчастих коліс при нарізанні на них зубів здійснюється на різних пристроях. Спосіб обробки зубів визначає вид пристосування. Залежно від групи верстата ці пристосування ділять на типи: зубофрезерні, зубодовбальні, зубостругальні, зубошевінгувальні, зубошліфувальні тощо.

Конструкція пристосування залежить також від габаритних розмірів зубчастих коліс, ступеня точності їх виготовлення, форми і розмірів базових поверхонь і від установчих місць столу або шпинделя верстата, на які пристосування встановлюють.

Залежно від форми зубчастого колеса і довжини маточини основною установчою базою може бути отвір або плоска торцева поверхня маточини або обід колеса.

При нарізанні зубчастих коліс з невисоким ступенем точності, а також при попередньому нарізанні зубів зубчасті колеса встановлюють на жорстких оправках (посадка А / С, А / Д) з невеликим проміжком. При нарізанні зубчастих коліс з більш високим ступенем точності установка - центрування проводиться на оправках без зазору.

У разі установки зубчастого колеса на оправку з зазором виходить розбіжність осей колеса і столу верстата, що створює радіальне биття основного і ділильного кіл колеса, рівне подвійному ексцентриситету або максимальному зазору між поверхнею отвору колеса і посадкової поверхні оправки. Тому для точного центрування застосовують оправки, що забезпечують беззазорну посадку коліс на оправку.

На точність нарізування зубів коліс великий вплив робить правильність установки і центрування зуборізних пристосувань на верстаті, вісь яких повинна збігатися з віссю обертання столу верстата. Биття оправки для нарізування зубів колеса повинно бути не більше 0,005-0,004 мм.

В даний час на заводах серійного типу застосовують оправки з ручним затиском, а на заводах великосерійного і масового виробництва - пристосування з механізованим приводом. Є пристосування, в яких автоматизовані всі елементи циклу зубонарізування - установка, затиск, розтискання і знімання колеса.

Пристосування з цанговим пневматичним затискачем (рис. 4) для фрезерування зубів циліндричних зубчастих коліс черв'ячною фрезою 7 встановлюють на зубофрезерному столі верстата і закріплюють гвинтами 17. При перемиканні розподільного крана стиснене повітря через штуцер 13 надходить у верхню порожнину пневмоциліндра, вбудованого в корпусі 16 пристосування, і переміщує поршень 15 зі штоком 1 та тягою 11 вниз. При цьому тяга верхнім конічним кінцем розтискає цангу 9, яка затискає колесо 8, яке обробляється. Після нарізування зубів на колесі розподільний кран перемикається, і стиснене повітря через штуцер 12 і повітряні канали 6, 5, 4, 3, 2 в пневмоциліндрі і його кришці надходить в нижню порожнину пневмоциліндра і переміщує поршень 15 зі штоком 1 і тягою 11 вгору. Верхній конічний кінець тяги виходить з отвору цанги 9, яка під дією пружних сил стискається, і оброблене колесо 8 звільняється від затиску. При русі поршня

вгору з ним переміщається втулка 14 і стрижнями 10 знімає колесо 8 з цанговий оправлення. Далі цикл обробки зубчастого колеса повторюється.

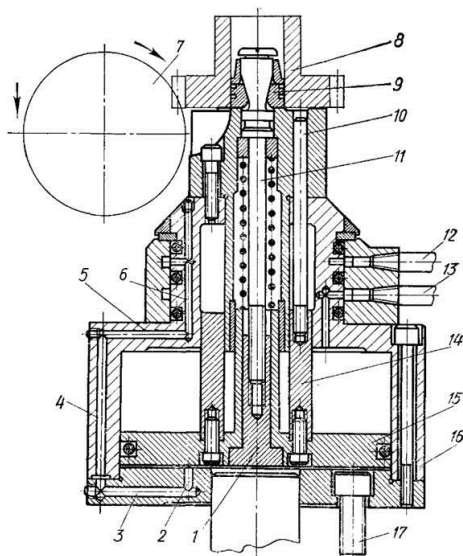


Рисунок 4 – Пристосування з поршневим пневмоприводом для фрезерування зубів циліндричного колеса

На рис. 5 показано пристосування для фрезерування зубів циліндричних зубчастих коліс, встановлених пакетом. Оброблювані колеса встановлюють в пристосуванні і знімають вручну, а затиск і розстискання коліс проводиться пневмоприводом.

Пристосування розміщують на столі зубофрезерного верстата і його корпус 1 кріплять болтами. Всередині корпусу вбудований пневмоциліндр з поршнем 2 і кришкою. У пристосуванні розташована плаваюча втулка 8 зклинами 9. На корпусі 1 пристосування встановлена і закріплена гвинтами втулка, на зовнішній поверхні якої закріплені шість шпонок 6. Оброблювані зубчасті колеса центральним базовим отвором встановлюють і попередньо центрують шістьма шпонками 6 нерухомою втулки.

Послідовна подача стисненого повітря в порожнині пневмоциліндра проводиться при перемиканні золотника розподільного крана. Від розподільного крана стиснене повітря по трубопроводу подається до повітреприймача і потім в одну з порожнин пневмоциліндра.

У втулці 15, запресований в корпусі 12 повітреприймача, розташованого на шарикопідшипниках невращаючої розподільник повітря 13, закріплений на повітропідвідній трубі 14, яка жорстко пов'язана з нерухомою частиною верстата.

Після установки пакета зубчастих коліс на пристосування кладуть швидкознімну шайбу 7. Далі перемикають розподільний кран на затиск, стиснене повітря від нього по трубопроводу 14 і каналам розподільника повітря 13 через трубу 10 надходить у верхню порожнину пневмоциліндра і переміщує поршень 2 зі штоком 3 вниз. Закріплена на штоку гайка 5 стискає пружину 4, яка переміщує плаваючу втулку 8 зклинами 9 вниз. При цьому клини розсуваються і остаточно центрує оброблювані деталі. Під час подальшого опускання поршня 2 вниз шток 3 гайками на його верхньому кінці притискає шайбу 7 до деталей і вони закріплюються.

Після нарізування зубів на колесах розподільний кран перемикається на розтиск і стиснене повітря від розподільного крана через розподільник повітря 13 по трубопроводу 11 надходить в нижню порожнину пневмоциліндра. При цьому стиснене повітря переміщує поршень 2 зі штоком 3 вгору. На початку переміщення вгору штока гайки на його верхньому кінці відходять від шайби 7, а при подальшому підйомі циліндричний виступ штока упирається в нижній торець плаваючої втулки 8. Клин 9, переміщаючись в Т-образних пазах втулки 8, зсуваються до центру, оброблювані деталі звільняються від затиску і центрування, потім знімають шайбу 7 і оброблювані деталі. Далі робочий встановлює в пристосування наступний пакет деталей, ставить шайбу 7, виробляє відповідне переключення розподільного крана, і цикл обробки деталей повторюється. Пристосування застосовують у великосерійному і масовому типах виробництва.

На рис. 6 показано пристосування для установки і затиску конічних коліс при нарізанні зубів на зуборізному верстаті. Оброблювальне колесо 5 центральним базовим отвором встановлюють на шийку змінного фланця 4 оправки 3. Затиск і розтискання деталі виконується при відповідному переміщенні поршня зі штоком в пневмоциліндрі. Шток пневмоциліндра через тягу 1 жорстко з'єднаний з валом 2.

При подачі стисненого повітря в штокову порожнину пневмоциліндра поршень зі штоком, тягою 1 і валиком 2 переміщаються вправо. Валик натискає головкою 7 на дві шайби 6 і 8, і колесо затискається між фланцем 4 оправки і знімною шайбою 6. При подачі стисненого повітря в безштокову порожнину пневмоциліндра (на рис. 6 пневмоциліндр відсутній) поршень зі штоком, тягою 1 і валиком 2 переміщається вліво. Головка валика відходить від шайб, і оброблене колесо розтискається. Щоб зняти шайбу 6, встановлену в виїмці

зубчастого колеса, її повертають до суміщення трьох виїмок з відповідними виступами шайби 8 і знімають. Потім знімають кінцеве колесо з нарізаними зубами, встановлюють наступне колесо, ставлять шайбу 6, затискають деталь і цикл обробки повторюється.

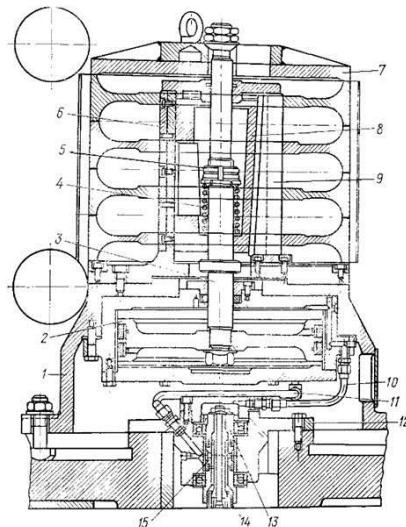


Рисунок 5 – Пристосування з поршневим пневмоциліндром для фрезерування зубів у декількох циліндричних коліс

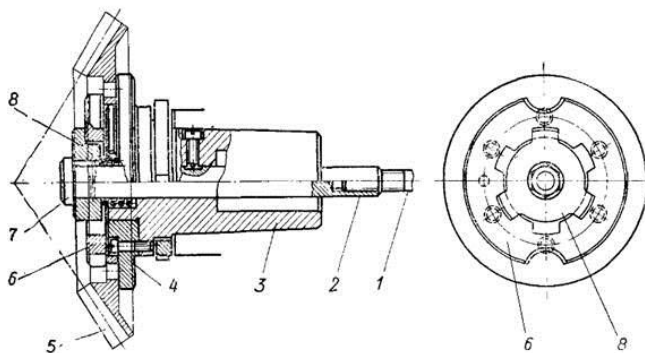


Рисунок 6 – Пристосування з пневмоприводом для нарізання зубів кінцевого колеса на зубонарізному верстаті

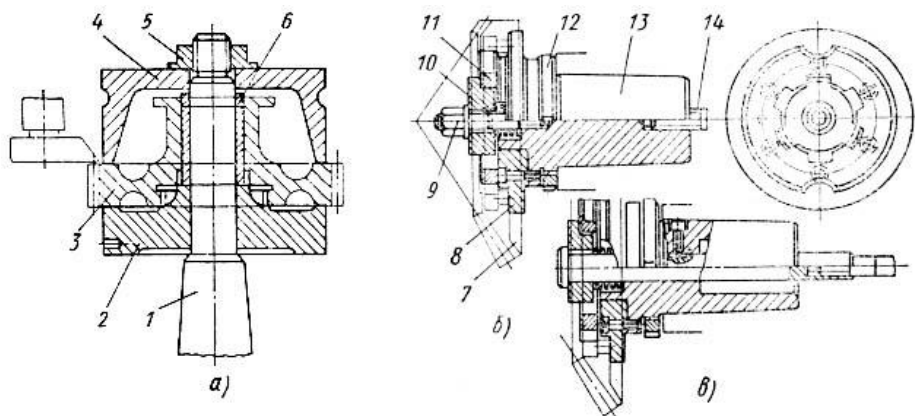


Рисунок 7 – Пристосування для зубообробки:

- а - пристосування для зубодовбального верстата (1 - оправка; 2 - опорна шайба; 3 - зубчасте колесо; 4 - затискна шайба; 5 - гайка; 6 - перехідна втулка для установки коліс з різними діаметрами отворів);
- б - пристосування для зубостругання (зубофрезерування) конічних зубчастих коліс (7 - оброблювана деталь; 8 - змінний фланець; 9 - гайка; 10, 11 - шайби для затиску; 12 - гайка для зняття пристосування; 13 - оправка; 14 - штанга для затягування оправки);
- в - механізоване пристосування для зубостругання конічних коліс, затиск проводиться за допомогою тяги.

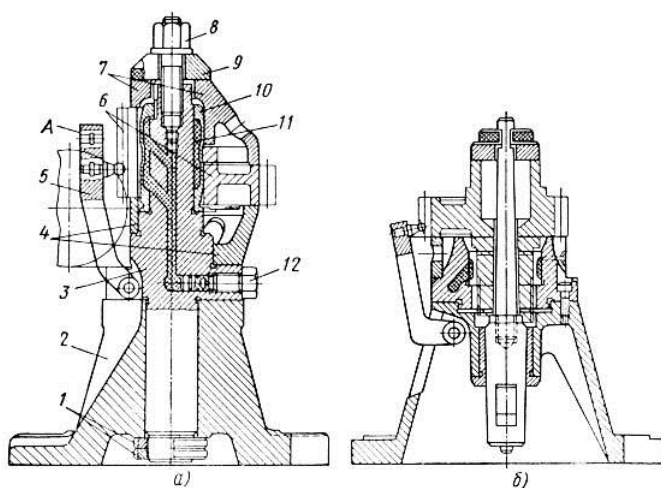


Рисунок 8 – Пристосування для чистої зубообробки:

- а - для колеса (1 - гайки; 2 - корпус; 3 - управління з конічним хвостовиком; 4 - перехідники; 5 - відкидний фіксатор; 6 - колесо; 7 - перехідник; 8 - гайка для затиску; 9 - шайба; 10 - тонкостінна оболонка; 11 - гідропластмаса; 12 - натискний гвинт);
- б - для вала шестерні