

Лекція 2.8

Основні схеми нарізання зубів

- 1) Основні методи обробки зубів циліндричних і конічних коліс.
- 2) Оздоблювальні види обробки зубчастих коліс

1 Основні методи обробки зубів циліндричних і конічних коліс

Вибір методу обробки ЗК знаходиться в прямій залежності від встановленої норми точності їх елементів, а також від основних вимог передач в експлуатації відповідно до їх призначення.

ЗК обробляють на різноманітних зубообробних верстатах. Зуби циліндричних коліс нарізають двома способами: **копіюванням** і **обкаткою**.

Метод копіювання – застосовується в дрібносерійному і одиничному виробництвах. Нарізування полягає в послідовному прорізання западин між зубами дисковими модульними фрезами на горизонтальних і універсальних фрезерних верстатах з установленням заготовки в ділильному пристосуванні. Після прорізання однієї западини заготовка повертається на один зуб. На вертикальних фрезерних верстатах нарізування здійснюється пальцевими модульними фрезами.

Бічні поверхні модульних фрез профілюються по евольвенті. Фрези виготовляються комплектами з 8, 15 і 26 штук для кожного модуля. Кожна фреза призначена для певного інтервалу чисел зубів нарізуемого колеса. Кожна фреза в наборі профілюється на верхнє число зубів в інтервалі. Найбільш точний комплект - це комплект, що складається з 26 фрез.

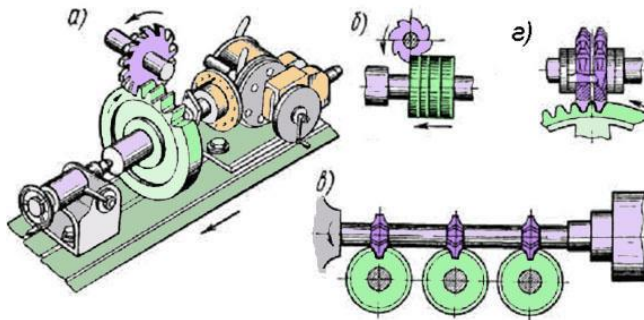


Рисунок 3 – Нарізання зубів дисковими модульними фрезами

- а) однієї заготовки; б) декількох заготовок на одній оправці; в) трьома фрезами одночасно;
г) нарізання коліс середніх модулів низької точності одночасно двома дисковими модульними фрезами, встановленими на відстані кроку зубів один від одного

Зуби, нарізані методом копіювання, мають низьку точність, оскільки профіль западини зубів відповідає профілю зубів фрези, то похибка виготовлення фрези і її знос переносяться на заготовку.

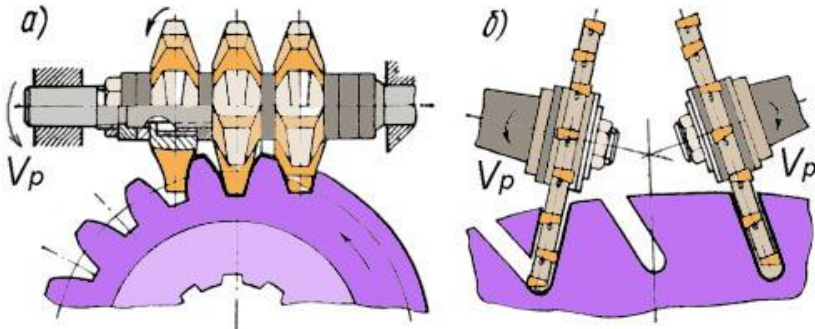


Рисунок 4 – Нарізання зубів дисковими модульними фрезами

а) нарізання коліс середніх модулів низької точності одночасно трьома дисковими модульними фрезами, встановленими на відстані кроку зубів один від одного; б) попереднє прорізання канавок спеціальними дисковими фрезами

Для попередньої нарізки крупномодульних зубів прорізають канавки спеціальними дисковими фрезами (рис. 4, б).

Нарізування зубів методом копіювання має низьку продуктивність і дає низьку точність, тому застосовується тільки в дрібносерійному і одиничному виробництвах.

Пальцевими модульними фрезами нарізають зуби середніх і крупномодульних циліндричних (рис. 5, а), шевронних коліс (рис. 5, б), рейок і т.п. Зуби коліс з модулем понад 20 мм начорно нарізають двохкутовою пальцевою фрезою (рис. 5, в) або послідовно двома пальцевими фрезами (рис. 5, г).

Сучасним, точним і продуктивним способом виготовлення ЗК є нарізування зубів обкаткою черв'ячної фрезою, круглим довбачем, рейковим довбачем (гребінкою), зубостругальними різцями, різцевою головою, накочуванням зубчастими валками.

Спосіб обкатки полягає в тому, що зуби на зубчастому колесі утворюються при спільному узгодженому обертанні (обкатці) ріжучого інструменту і заготовки. Так, при зубофрезерованні прямолінійні бічні ріжучі кромки зубів черв'ячної фрези, що мають в осьовому перерізі трапецеїдальну форму, по черзі торкаються нарізаємого зуба.

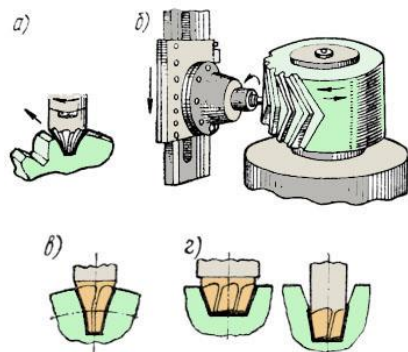


Рисунок 5 – Нарізування зубів пальцевими модульними фрезами

а - прямозубого колеса; б - черв'ячного колеса; в - чорнове нарізування двугрунтовою фрезою; г - чорнове нарізування двома кутовими фрезами

Метод обкатки заснований на тому, що в процесі обробки відтворюється робота зубчастого зачеплення. В якості одного зубчастого колеса застосовується заготовка на якій необхідно нарізати зуби, а в якості другого - ріжучий інструмент.

Найбільшого поширення набув **метод нарізування зубів черв'ячними фрезами**. Зуби фрези розташовуються по гвинтовій лінії, що має крок рівний кроку зачеплення. Тому одна і та ж фреза може нарізати зубчасті колеса з будь-яким числом зубів.

Обробка ведеться на спеціальних зубофрезерних верстатах (рис. 6).

Фреза закріплюється в супорті, який повинен бути повернений на кут підйому гвинтової лінії витків фрези. Супорт здійснює рух подачі уздовж осі заготовки. Заготовка встановлюється на столі верстата, що здійснює обертальний рух обкочування.

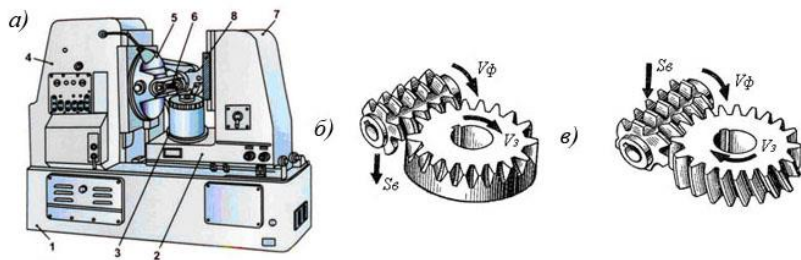


Рисунок 6 – Нарізування зубів методом обкатування

а - загальний вигляд зубофрезерного напівавтомата: 1 - станина; 2 - санчата; 3 - стіл; 4 - стійка ліва; 5 - супорт; 6 - фрезерна головка; 7 - стійка права; 8 - кронштейн б - нарізування прямозубих коліс; в - нарізування косозубих коліс

При фрезеруванні зубчастих коліс з косим зубом фреза встановлюється з урахуванням нахилу гвинтової лінії витків фрези і кута спіралі зуба зубчастого колеса.

Зубчасті колеса з модулем до 2,5 мм нарізаються за один хід, з модулем понад 2,5 мм - за два і навіть за три ходи. Для чорнових ходів застосовуються двох- і трьохзаходні черв'ячні фрези.

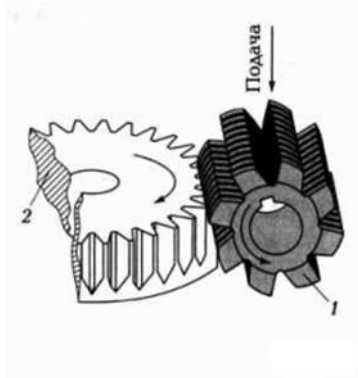
Спосіб фрезерування зубів циліндричних коліс черв'ячними фрезами є одним з найбільш поширених. Черв'ячна фреза являє собою черв'як, що має профіль осьового перерізу гвинтових ниток у вигляді зубчастої рейки і поздовжні канавки, що утворюють ріжучі зуби рейки (див. Рис. 1.66, в).

Зубчаста рейка забезпечує правильне зачеплення з евольвентними колесами будь-якого числа зубів, тому черв'ячна фреза може нарізати колеса з будь-яким числом зубів (того ж модуля і кута зачеплення) однаково точно. У цьому полягає одне з великих переваг нарізування зубів коліс черв'ячною фрезою.

В процесі нарізування черв'ячна фреза і нарізуєме колесо перебувають у стані відносного руху зачеплення, що відповідає черв'ячній передачі з передавальним числом.

При різанні черв'ячна фреза обертається і рухається поступально відповідно до обертання нарізаємого зубчастого колеса (рис. 1.68). Вісь черв'ячної фрези встановлюють під кутом до площини торця нарізуємого колеса 2, рівним куту підйому нитки фрези на її ділільному циліндрі. Черв'ячна фреза крім обертання має поступальний рух подачі вздовж твірної бічної циліндричної поверхні нарізуємого колеса. Процес різання при цьому відбувається безперервно, і в ньому приймають участь одночасно кілька ріжучих зубів, завдяки чому цей спосіб нарізування зубів є одним з найбільш продуктивних.

Нарізання зубів черв'ячною фрезою



При нарізанні зубів за один робочий хід черв'ячну фрезу встановлюють на повну висоту зуба (тобто глибину різання), при нарізанні зубів з модулем більше 8 мм за два робочих ходи – на 0,6 висоти зуба при першому і на 0,4 при другий робочому ході. Для чистового робочого ходу залишається припуск від 0,5 до 1 мм на товщину зуба по початковій окружності (для розмірів модуля 8 ... 15 мм). Звичайними черв'ячними фрезами нарізають зуби як з нормальним, так і з

коригованим профілем.

В останньому випадку при установці фрези відповідно необхідним умовам коригування повинна додатково зміститися, щоб наблизитися до заготовки або віддалитися від неї.

На зубофрезерних верстатах можна робити нарізування зубів попутним (рис. 1.69, а) або зустрічним (рис. 1.69. Б) фрезеруванням, при цьому попутне фрезерування ефективніше зустрічного, так як воно забезпечує більш сприятливі умови стружкоутворення, менші коливання сил різання, менші вібрації при різанні, що підвищує стійкість інструменту і якість обробленої поверхні.

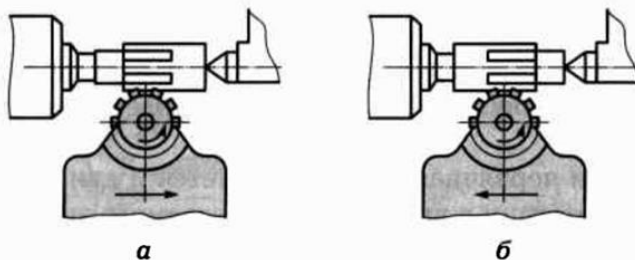


Рисунок 8 – Схема попутного (а) та зустрічного фрезерування

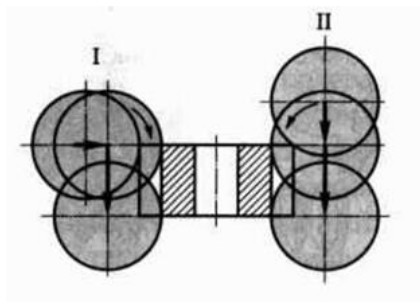
Значна частина часу зубофрезерування витрачається на врізання, особливо при застосуванні черв'ячних фрез великого діаметру, оскільки із збільшенням діаметра фрези зростає довжина врізання. Для прямозубих коліс середніх модулів час врізання становить 30 ... 40% основного часу зубофрезерування.

ЗК ступенів точності 3-8 нарізають методом обкатки, після чого «сирі» колеса ступенів точності 3-5 піддають ретельній обробці шевінгуванням, шліфуванням і наступній обробці на притиральних верстатах і загартуванню струмами високої частоти (ТВЧ), що виключають деформацію поверхні.

ЗК, виготовлені зі ступенями точності 6-8, зазвичай піддають гартуванню в гартівних печах, що дають значне спотворення форми. Потім для збереження форми у коліс зі ступенями точності 6, 7 шліфують бічні профілі зубів з базуванням по отвору, а у коліс зі ступенем точності 8 шліфують отвір з базуванням по западині зуба.

ЗК, що виготовляються зі ступенями точності 8-10, нарізають в дрібносерійному виробництві на фрезерних верстатах в ділильній головці, причому для коліс, що виготовляються із ступенем точності 8, фрези ретельно профілюють за формою зубів колеса.

ЗК зі ступенями точності 10-11 можуть бути отримані точним відливанням з подальшою обробкою зубів за шаблоном.



Врізання є переривчастим процесом, тому при осьовому врізанні зазвичай трохи знижують подачу в порівнянні з подальшою поздовжньою подачею при різанні. Трудомісткість врізання можна зменшити приблизно на 30% шляхом заміни осьового врізання II (рис. 1.70) радіальним I, зберігаючи подальшу подовжню подачу. У цих умовах верстат і інструмент протягом всього процесу обробки завантажуються більш рівномірно.

Нарізування зубів довбанням. Нарізування зубів методом обкатки можливо також долбяком, виконаними у вигляді шестерень або рейок, на зубодовбальних верстатах. Долбляк має форму шестерні. Для нарізування ЗК з гвинтовим зубом застосовується долбляк також з гвинтовим зубом і з тим же кутом підйому гвинтової лінії, що і у нарізаєме колесо. На малюнку 11 показані схеми зубодовбання.

Зубодовбальні верстати мають високу продуктивність і забезпечують хорошу чистоту поверхні зубів і високу точність зачеплення.

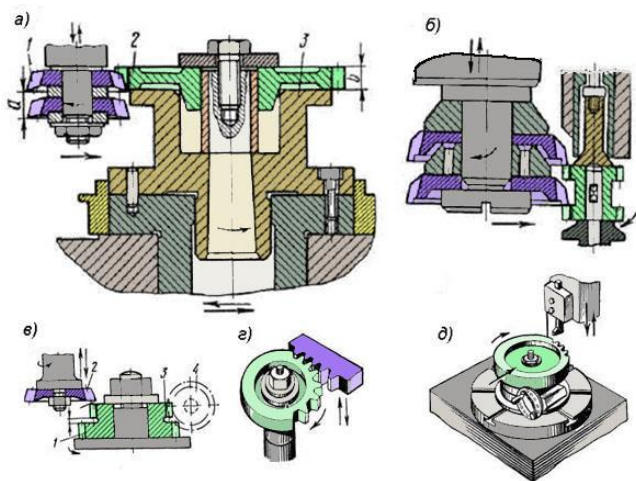


Рисунок 10 – Нарізування зубів довбанням

а - довбання чорнове і чистове долбяком шестернею; б - одночасне довбання двох коліс; в - довбання двухвнцового колеса; г - довбання долбяком-рейкою; д - обробка зубів на довбальному верстаті

У сучасному машинобудуванні застосовують зубодовбальні верстати, продуктивність яких значно вища, ніж при нарізанні зубів на фрезерних верстатах, описаних раніше. Висока продуктивність досягається тим, що в роботі одночасно беруть участь стільки різців (довбачів), скільки потрібно нарізати зубів на заготовці, причому різці мають форму западини ЗК.

Нарізування зубів конічних зубчастих коліс.

Конічні колеса високої точності з прямим і косим зубом нарізаються на універсальних фрезерних верстатах дисковими модульними фрезами з установкою заготовки в ділильному пристосуванні.

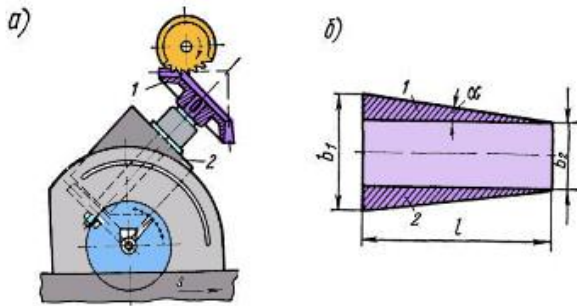


Рисунок 11 – Зубофрезерування конічного зубчастого колеса

Заготовка 1 встановлюється на оправці в шпиндель ділильної головки 2 (рисунок 11, а), який повертається у вертикальній площині на кут, при якому дно западини зубів займають горизонтальне положення. Зуби нарізаються за три ходи. На першому ході фрезерується западина між зубами по ширині рівна ширині западини на вузькому кінці зубів. Другий прохід виконують модульної фрезою, профіль якої відповідає зовнішньому профілем зуба, повертаючи при цьому стіл з ділильної головкою на кут (рисунок 11, б)

За третій хід фрезерується друга сторона зубів.

Для нарізування зубів точних конічних передач в серійному і масовому виробництвах використовуються зубостругальні верстати. При обробці зубів модулем більше 2,5 мм їх попередньо нарізають профільними дисковими фрезами шляхом розподілу, а потім остаточно обробляються на зубостругальний верстаті (рисунок 12).

Конічні зубчасті колеса з криволінійними зубами нарізаються на спеціальних зубофрезерних верстатах, що працюють методом копіювання або обкатування.

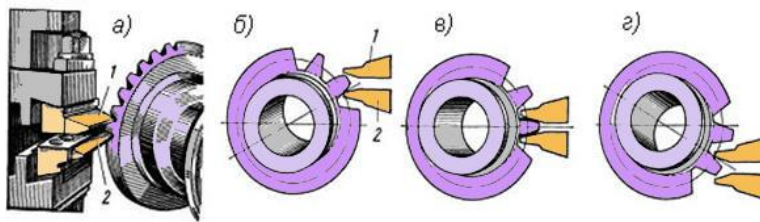


Рисунок 12 – Нарізування конічного зубчастого колеса на зубостругальний верстаті

а - установка різців; б, в, г - схеми обкатки; 1,2 – різці

Обробка зубів методом пластичного деформування.

Для отримання зубчастих гвинтів низькою точності або для попереднього отримання зубів у великосерійному і масовому виробництвах, використовують напівзубів на спеціальних зубонакатних верстатах. Накочення в 15 ... 20 разів продуктивніше, ніж зубонарізування. Зуби модулем до 1 мм накочуються в холодному стані, а більше 1 мм - в гарячому. Як накатного інструменту використовують накатники, що представляють собою зубчасті колеса з високоякісної інструментальної сталі, загартовані до високої твердості з модулем рівним модулю накочується колеса. Накатка здійснюється або двома, або трьома роликми.

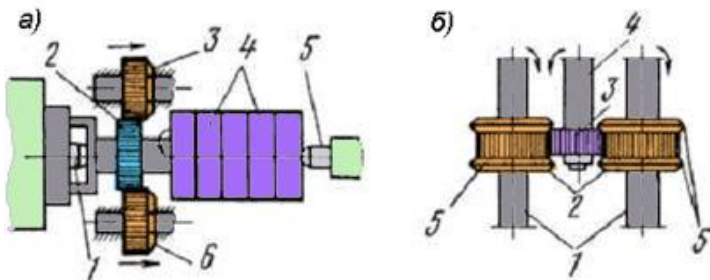


Рисунок 13 – Накочення зубів

а - на токарному верстаті з поздовжньою подачею накатних роликів; б - на спеціальному накатну верстаті з радіальною подачею накатних роликів

На малюнку 13, а показана накатка зубів на токарному верстаті. Заготовки 4 закріплюються на оправці, яка встановлюється в центрах 1 і 5. Накатників 3, 6 отримують рух обертання в початковий період від колеса 2, встановленому на оправці. Накатники мають подовжню подачу вздовж осі заготовки.

При гарячому наконечні заготовки нагріваються струмом високої частоти до температури 1000 ... 1200оС. Наконечня здійснюється як з радіальної так і з поздовжньою подачею на спеціальних потужних станах.

Застосування наконечня підвищує термін служби зубчастих коліс завдяки збільшенню їх зносостійкості.

Для підвищення точності зачеплення, зуби, отримані накаткою, піддаються подальшій обробці.

2 Оздоблювана обробка зубів

Для підвищення точності зачеплення і якості поверхні зубів вони піддаються обробній обробці наступними методами: обкаткою; шевінгування; шліфуванням; притиранням; приработкой.

Обкатка – обробка зачеплення полягає в тому, що виготовлене незагартоване зубчасте колесо поміщають між трьома обертовими загартованими шліфованими зубчастими колесами високої точності і здійснюють обкатку деякий час. При цьому досягається висока якість поверхні зубів за рахунок згладжування нерівностей і кілька виправляється форма зуба.

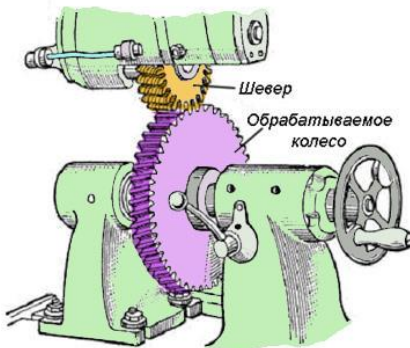
Шевінгування (Шевінг-процес) - процес обробки незагартованих зубчастих коліс полягає в соскабливанні і поверхні зубів обробленого колеса волосоподібні стружки, в результаті виправляється профіль евольвенти зубів, підвищується точність кроку зачеплення і значного покращення якості поверхні.

Обробка ведеться спеціальним інструментом, який являє собою точну зубчасте колесо, на бічних поверхнях зубів якого виконані канавки (рисунок 14). Ці канавки є ріжучі кромки, які і соскабливають стружку з бічних поверхонь зубів оброблюваного колеса.

Шевер встановлюється під кутом до осі оброблюваного зубчастого колеса. при обертанні, за рахунок установки шевера під кутом до заготовки, зуб шевера ковзає уздовж зуба заготовки. Заготівля здійснює

осьове зворотно-поступальне переміщення (поздовжня подача) зі швидкістю = 0,15 ... 0,3 мм / об.

При цьому шевер зскрібає стружку по всій ширині зуба. Стіл верстата здійснює вертикальне переміщення = 0,025 ... 0,04 мм на один хід столу. Після



кожного ходу шевер отримує обертання у зворотну сторону, забезпечуючи тим самим обробку іншого боку зуба. Припуск на шевінгування приймається 0,03 ... 0,04 мм на сторону зуба.

Окружна швидкість шевінгування зазвичай дорівнює 100 м / хв.

На малюнку 15, а, в показані схеми процесів шевінгування шевер-рейкою і шевер-черв'яком. На малюнку 15, б показана схема здійснення поздовжнього ковзання зубів шевер-рейки по зубах оброблюваного зубчастого колеса. Якщо обробляється зубчасте колесо 1 вільно котити по шевер-рейці 2, з положення А, то воно повинно було б переміститися в положення Б. Але так як обробляється зубчасте колесо 1 і шевер-рейка 2 являють собою як би кручені зубчасту пару з перехресними осями, то колесо 1 пересунеться не в положення Б, а в положення В. в результаті створюється відносне ковзання зубів оброблюваного зубчастого колеса 1 і шевер-рейки 2, що визначається різницею відрізків між положеннями Б і В.

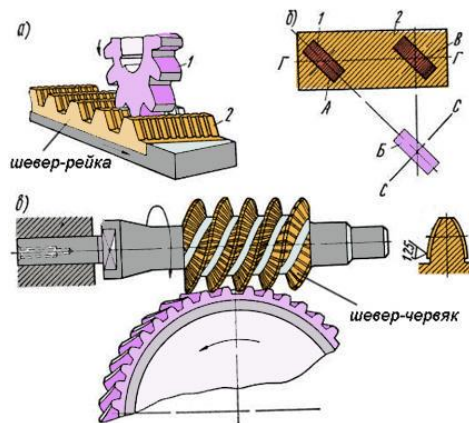


Рисунок 15 – Шевінгування шевер-рейкою і шев'ер-черв'яком

а - шев'ер-рейкою; б-схема ковзання шев'ер-рейки по зубах оброблюваного колеса; в - шев'ер-черв'яком 1 - обробляється зубчасте колесо; 2 - шев'ер-рейка

Шевінгування зазвичай виконується з застосуванням МОР.

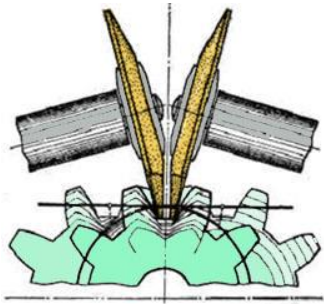
Шевінгування виконується до термічної обробки (загартування), яка дещо знижує досягнуту точність зачеплення і погіршує якість поверхні зубів.

Шліфування – це метод обробки як незагартована, так і загартованих зубчастих коліс для підвищення точності профілю зубів і якості їх поверхонь.

Шліфування зубів з евольвентним профілем може вестися як методом копіювання фасонним кругом, так і методом обкатки.

При обробці методом копіювання шліфувальний круг виконується за формою западини зубів аналогічно дискової модульної фрези. Метод копіювання має більш високу продуктивність, ніж метод обкатки, але точність обробки нижче.

Метод обкатки менш продуктивний, але дає більш високу точність обробки. Поширений метод шліфування двома тарілчастими колами, розташованими під кутом 30 і 40°, що утворюють як би профіль розрахункового зуба, за яким і відбувається обкатка зубчастого колеса (рисунк 16). В процесі роботи шліфоване зубчасте колесо перемішається в напрямку, перпендикулярному своїй осі, одночасно повертаючись навколо цієї осі. Шліфоване колесо здійснює зворотно-поступальні переміщення уздовж своєї осі, забезпечуючи тим самим обробку профілю зубів по всій довжині.



Шліфування зубів методом обкатки двома тарілчастими колами.

Шліфування зубів методом обкатки одним шліфувальним кругом, що представляє собою як би зуб рейки (рисунк 17, а). Обробляється колесо має обкатному рух і поздовжнє подачу вздовж зуба. Після обробки одного зуба обробляється колесо повертається на один зуб. Шліфування зубів таким методом здійснюється за два оберти заготовки. За час другого обороту здійснюється чистове шліфування зі зменшеною подачею кола.

Більш продуктивний метод шліфування двома дисковими абразивним кругом розташованими паралельно на відстані кроку зачеплення (рисунк 17, б). Перше коло здійснює попереднє шліфування, другий - остаточне формування профілю.

Високу продуктивність забезпечує застосування абразивного черв'яка (рисунк 17, в).

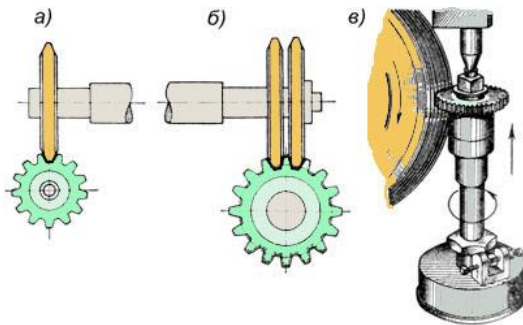


Рисунок 17 – Шліфування зубчастого колеса

а - одним абразивним кругом; б - двома абразивними кругами; в - абразивним черв'ячним колом

Шліфування методом обкатки абразивним черв'яком застосовується у великосерійному і масовому виробництвах на спеціальних зубошліфувальних верстатах.

Шліфування прямих зубів конічних зубчастих коліс по методу обкатки двома дисковими абразивним кругом здійснюється на спеціальних верстатах, сконструйованих на базі зубостругальних верстатів (рисунок 18, а).

Криволінійні зуби конічних зубчастих коліс шліфуються чашковим абразивним кругом (рисунок 18, б). Перетин збоку кола повинно мати профіль зуба рейки. Чашкове коло обкатує робочу поверхню профілю зуба.

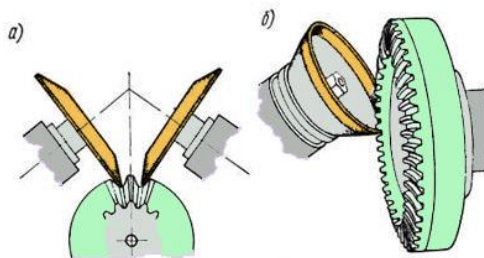


Рисунок 18 – Шліфування конічних зубчастих коліс

а - з прямим зубом; б - з криволінійним зубом

Притирання - застосовується для остаточної обробки термічно оброблених коліс після їх шліфування для отримання високої точності зачеплення. Процес притирання полягає в тому, що обробляється колесо, перебуваючи в зачепленні з притиром, виконаному з сірого чавуну, на поверхню якого нанесена абразивний паста, приводиться в обертання. Обробляється зубчасте колесо і

притир мають також зворотно-поступальний відносний рух в осьовому напрямку.

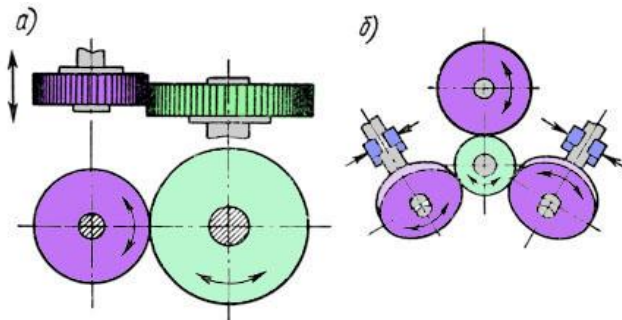


Рисунок 19 – Схема притирання зубів циліндричних зубчастих коліс

а - з паралельними осями притирів; б - зі перехресними осями притирів

Притирання може здійснюватися одним притиром (рисунок 19, а), у якого вісь паралельна осі заготовки, або трьома притірами з перехресними осями (рисунок 19, б). За рахунок перехрещення осей забезпечується ковзання зуба притиру по зубу заготовки.

Притирання забезпечує високу якість поверхні, згладжуючи нерівності і шорсткості і додає дзеркальний блиск поверхні, за рахунок чого значно зменшується шум передачі, підвищується плавність її роботи.

Приробітку - виконується аналогічно притирання, але замість спеціальних притирів встановлюються два парних зубчастих колеса, які у виробі працюватимуть спільно в зібраному виробі. Приробітку здійснюється за рахунок абразивного матеріалу, що міститься в абразивній пасти, що наноситься на поверхню зубів припрацювання коліс.

Черв'ячними фрезами нарізають як прямі, так і косі зуби циліндричних коліс. В останньому випадку вісь фрези встановлюють під кутом до торця нарізуемого колеса, рівним сумі кутів підйому гвинтової нитки фрези і гвинтової нитки (кутів нахилу зуба) нарізуемого колеса (при різних напрямках гвинтових ліній фрези і колеса) або різниці цих кутів, якщо напрями гвинтових ліній фрези і нарізуемого колеса однакові.

Найбільш поширеним зубооброблючим верстатом є зубофрезерний верстат для нарізування коліс з прямими і косими зубами, а також черв'ячних коліс і черв'яків методом обкатки. Верстат виконує три рухи: обертання черв'ячної фрези, вертикальну подачу фрези, обертання заготовки.

Спосіб нарізування циліндричного зубчастого колеса **методом обкатки за допомогою круглого довбача** полягає в тому, що в процесі обробки колеса відтворюється зубчасте зачеплення двох циліндричних коліс, одне з яких є ріжучим інструментом, а інше – заготовкою.

Для обробки колеса необхідно, щоб одне з коліс 1 або 2 зубчастої пари (на практиці – довбач 1) здійснювало при обкатці зворотно-поступальний рух (рис. 1.71), в результаті чого на заготовці утворюються зуби.

Зубчаста пара, встановлена на верстаті, взаємно кінематично пов'язана і в процесі обкатки відтворює зубчасте зачеплення. Колесо 1 служить ріжучим інструментом (довбачем) і одночасно виробляє вертикальний зворотно-поступальний рух, послідовно зрізуючи зубами матеріал заготовки 2. Довбач являє собою зубчасте колесо, на торці якого заточкою утворені ріжучі кромки. Довбач з прямими зубами (рис. 1.72, а) призначений для нарізування коліс з прямими зубами, а дисковий косозубий довбач (рис. 1.72, б) – для нарізування зубчастих коліс з косими зубами.

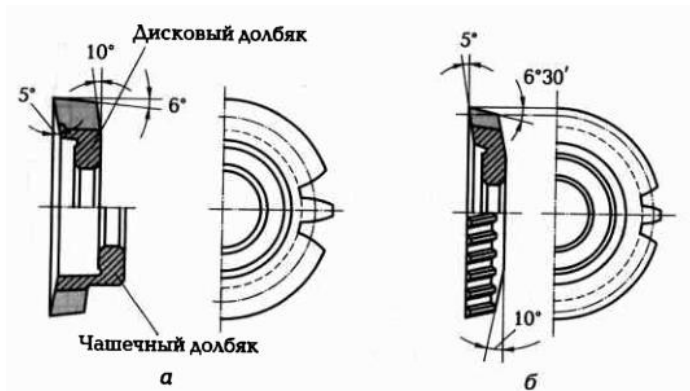


Рисунок 20 – Геометрія чашечного та дискового довбача з прямими (а) та косими (б) зубами

При нарізуванні зубів циліндричного зубчастого колеса за допомогою рейкового довбача (гребінки) відтворюється зубчасте зачеплення циліндричного колеса з рейкою, причому рейка (гребінка) є ріжучим інструментом, а колесо – заготовкою.

При цьому зуби можна нарізати двома способами: обкаткою зубчастого колеса по гребінці (колесо здійснює обертальний і поступальний рух при нерухомій гребінці) або гребінки по зубчастому колесу (колесо здійснює обертальний рух, а гребінка – поступальний). Найбільш поширеним є перший спосіб.

Для обробки **прямозубих конічних коліс** застосовують зубостругальні верстати, що працюють за методом обкатки одночасно двома різцями.

При обробці невеликих прямозубих конічних коліс застосовують **кругове протягування** на спеціальних верстатах, де ріжучим інструментом є кругова протяжка. Кругова протяжка складається з декількох секцій фасонних різців (зазвичай 15 секцій по п'ять різців у кожній), розташованих в порядку зміни профілю по периферії протягання.

На рис. 1.73 показані чорнові різці 1 (1 -11), чистові різці 2 (12-15) і зона повороту заготовки на один зуб 3. Профіль і розташування вершин різців змінюються за певним законом.

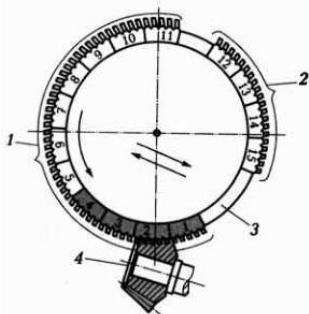


Схема нарізання зубів круговою протяжкою

Кругова протяжка, обертаючись з постійною швидкістю, одночасно переміщається поступально з різною швидкістю на окремих ділянках свого шляху. Швидкість і характер поступального руху кругової протягання залежать від профілю копіра верстата, що підбирається відповідно до оброблюваного зубчастому колесу 4. Таким чином, траєкторія робочого руху кожного фасонного різця являється сукупністю

швидкостей обертального і поступального руху протяжки.

При чорновому протягуванні кругова протяжка рухається від вершини початкового конуса зубчастого колеса до його основи, а при чистовому – від основи до вершини.

За один оберт протяжки повністю обробляється одна западина зуба конічного зубчастого колеса. Під час протягування западини зуба заготовка колеса нерухома, для обробки наступної западини заготовка повертається на один зуб навколо своєї осі при підході вільного різця від сектора кругової протягання.

Конічні зубчасті колеса з прямими зубами внаслідок недосконалості конструкції не відповідають підвищеним вимогам швидкохідних передач на сучасних машинах (спостерігаються шум, неплавна робота, низький ККД).

Конічні колеса з криволінійними зубами значною мірою позбавлені цих недоліків. Найбільш поширеним способом отримання криволінійних профілів зубів конічних коліс є нарізування зубів різцевим головками. Верстати для нарізування зубчастих коліс цим способом вельми продуктивні і забезпечують високу якість виготовлення коліс.

Існують технологічні варіанти нарізування зубів конічних і циліндричних коліс крупносерійного і масового виробництва. Ці варіанти забезпечують високу

точність і продуктивність праці. В окремих випадках виробничі умови можуть викликати відступ від цих рекомендацій, проте такі відступи повинні бути тільки окремими випадками.

У сучасних машинах часто застосовують зубчасті колеса, які перемикають в процесі роботи машини без зупинки руху (коробки швидкостей верстатів, автомобілів і т.д). Щоб усунути удари і викривування кромки при перемиканні зубчастих коліс, виконують **зубозакруглення** – зуби закруглюють спеціальними фрезами на зубозакруглювальних верстатах. Профіль закруглюємого зуба 1 на зубчастому колесі і траєкторія руху інструмента 2 при обробці показані на рис. 1.83, а. На рис.1.83. б наведено конструкції фрез для заокруглення зубів коліс: пальцеві фрези 1 коронна фреза 2.

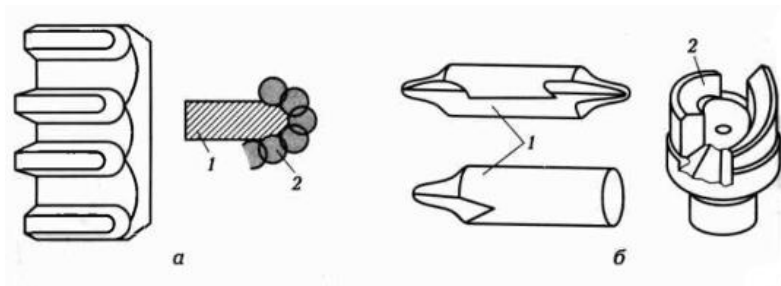


Рисунок 21 – Схема закруглення (а) і конструкції фрез для закруглення зубів (б)

Зняття фасок і видалення задирів виконують на верстатах з абразивними кругами, що мають профілі, відповідні формі зуба оброблюваного колеса. Обертання здійснюється шляхом введення зубів у зачеплення з витками крута. При великих масштабах виробництва видалення задирів виконується на багатопозиційних верстатах сталевими щітками.

З зубчастих коліс малих розмірів задири видаляють за допомогою ультразвуку. При цьому способі крім видалення задирів згладжують гострі кромки, майже не впливаючи на оброблені поверхні зубів. Набуває поширення спосіб зняття задирок галтуванням в барабані, причому, вибираючи відповідні наповнювач і частоту обертання барабана, досягають гарного очищення зубів без спотворення їх профілю.

Обкатування незагартованих зубчастих коліс виконують в масляному середовищі без абразивного порошку в парі з одним або декількома загартованими колесами-еталонами, виготовленими з високою точністю. В результаті тиску зубів коліс-еталонів на поверхні оброблюваних зубів і виникаючого при цьому наклепу згладжуються нерівності на оброблюваних

поверхнях. Зважаючи на те, що при обкатуванні профіль і крок зуба не виправляються, а в ряді випадків навіть відбувається спотворення профілю і утворюються додаткові внутрішні напруження, що збільшують спотворення профілю при термічній обробці, цей спосіб обробки застосуємо для зубчастих коліс, які не вимагають високої точності, а також для коліс, що не піддаються термічній обробці.