

Лекція 7

Тема 2 Технологія виготовлення деталей типу «зубчастого колеса»

Загальні відомості про зубчасті колеса

- 1) Загальні відомості.
- 2) Характеристика заготовок і способи їх одержання.
- 3) Матеріал і термічна обробка зубчастих коліс.
- 4) Вибір методів отримання заготовок для коліс.
- 5) Обробка циліндричних зубчастих коліс.

1 Загальні відомості

Для передачі обертального руху з одного вала на інший, перетворення обертального руху в поступальний та зміни частоти обертання застосовують зубчасті передачі, основними деталями яких є різні зубчасті колеса й рейки.

Зубчасті передачі – найпоширеніший у машинобудуванні вид передач.

Зубчасте колесо, що знаходиться на передавальному валу, називають ведучим, а на тому, яке отримує обертання – веденим.

Менше із двох коліс сполученої пари називають шестернею, більше – колесом. При однаковому числі зубців шестернею називають ведуче колесо, а колесом – ведене.

*Для передачі обертового руху між валами, з паралельними осями застосовують циліндричні передачі, якщо *осі валів перетинаються* застосовують конічні передачі.*

Широко застосовуються черв'ячні передачі, які *забезпечують великий крутний момент*. Для перетворення обертального руху в поступальний, і навпаки, застосовують рейкові передачі, що складаються із циліндричного колеса й рейки. Зустрічаються передачі із зовнішнім і внутрішнім зачепленням. У першому випадку *обертання коліс відбувається в протилежних напрямках*, у другому – в *одному напрямку*.

Розрізняють колеса із прямими, косими, шевронними й гвинтовими зубами.

У сучасному машинобудуванні застосовуються зубчасті колеса найрізноманітніших конструкцій, що відрізняються одне від одного технологією виготовлення, матеріалом і конструктивними особливостями.

Конструктивні форма й розміри зубчастого колеса залежать від навантажень, що діють на його зубці, а також вимог технології виготовлення, зручності монтажу й експлуатації, зменшення маси зубчастих коліс, безшумності роботи та ін.

Циліндричне зубчасте колесо малого діаметра зазвичай має форму суцільного циліндра з отвором для встановлення на вал.

Колеса великих діаметрів для полегшення їхньої конструкції виготовляють з масивним ободом та маточиною (втулка з отвором для вала).

Інша частина колеса являє собою тонкий диск із отворами (або без отворів). Диск може виконуватися з ребрами жорсткості.

Якщо діаметр колеса досить великий, диск замінюється декількома спицями, що з'єднують обід із втулкою. Форма спиць може бути різною. Форма поперечного перерізу спиць теж різна: кругла, овальна, прямокутна, таврова, хрестоподібна й ін.

Колеса великого діаметра для зручності монтажу й спрощення технології виготовлення іноді виконують рознімними із двох половин, що скріплюють болтами.

Аналіз конструкцій зубчастих коліс виконується з метою порівняння складності конструкції і складності виконання технології їх виготовлення. Ускладнення конструкції деталі часто призводить до досягнення значних позитивних факторів у конструкції машини, але таке ускладнення веде до ускладнення технології її виготовлення.

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 степені точності, що розташовуються в порядку зниження точності 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 та 12. Для степені точності 1, 2 і 3 допуски і граничні відхилення в стандарті не передбачені через дуже високу точність. Ці степені передбачені для майбутнього розвитку техніки. Для кожної степені точності ЗК і передач встановлені норми: кінематичної точності, плавності роботи та контакту зубів зубчастих коліс.

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

Згідно ГОСТ 1643-81 встановлено **шість видів спряжень зубчастих коліс** у передачах: **A, B, C, D, E, H** та **вісім видів допуску на боковий зазор** – **x, y, z, a, b, c, d, h**. Позначення подані в порядку зменшення величини бокового зазору і допуску на нього ($A = 1 \dots H = 0$).

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

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

Залежно від службового призначення змінюється і конструктивна форма циліндричних зубчастих коліс (рис. 1).

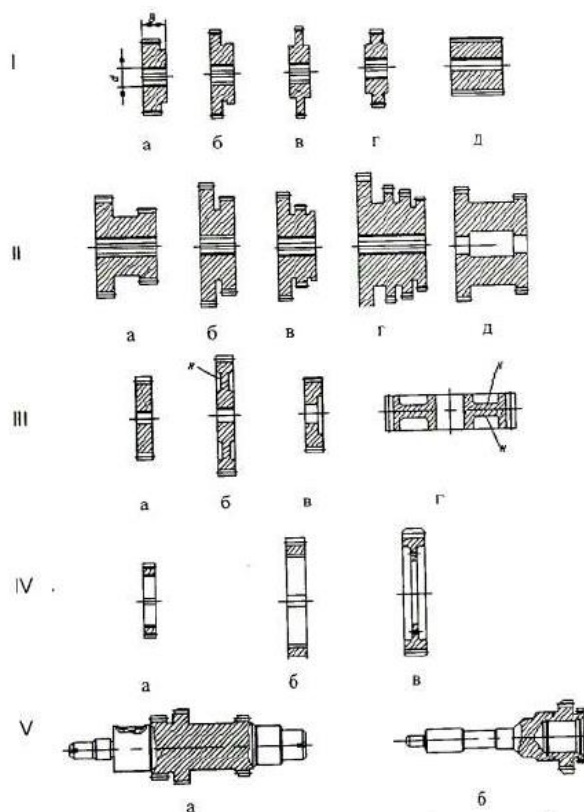


Рисунок 1 – Конструктивні типи циліндричних зубчастих коліс

Розрізняють такі найрозповсюдженіші колеса:

а) **одновінцеві**, вони можуть бути зі шліцами, шпонковими канавками чи з гладким отвором. Для зменшення ваги і витрат металу зубчастих коліс (I, III) часто у торцях штампують кільцеві канавки;

б) **багато вінцеві** (II); їх виконують у вигляді блоку (для зменшення габаритів коробки швидкостей) зі шліцевими, шпонковими або гладкими отворами;

в) **типу дисків** (III);

г) **типу вінців** (IV);

д) **вали-шестерні** (V).

За технологічними ознаками розбивка на типи відбувається **за способом базування** зубчастих коліс при обробці:

- **колеса типу I-II** з маточиною і з відношенням $l/d > 1$ мають установчу технологічну базу – подвійну напрямну поверхню отвору і опорну базу – поверхню торця;

- **колеса типу III-IV** з відношенням $l/d < 1$ мають установчу технологічну базу – бічну поверхню і подвійну опорну базу – зовнішню поверхню колеса або поверхню отвору;

- *вали-шестерні типу V* мають технологічну базу – поверхні центрових отворів на токарних операціях і поверхні шийок або центрових отворів у наступних операціях.

Технічні умови виготовлення зубчастих коліс.

Технічні умови на зубчасті колеса встановлюються залежно від службового призначення за ГОСТ 1643-81.

Отвори для коліс 5-ї ступені точності повинні бути виконані за 5-м квалітетом точності, а для коліс 6, 7, 8-ї ступені – за 6-м квалітетом точності, що досягається протягуванням або розвертанням отвору. Отвори за 5-м квалітетом точності досягаються у результаті алмазного розточування, шліфування або хонінгування.

2 Характеристика заготовок і способи їх одержання

При виборі заготовки в основному враховуються наступні фактори: службове призначення, конструкція, розміри, матеріал, технічні умови, тип виробництва, точність виготовлення заготовки та економічність.

Розрізняють такі основні види заготовок зубчастих коліс:

- заготовки з прокату;
- заготовки, виконані вільним куванням на кувальному молоті (I, а; II, а);
- штампована заготовка в підкладних штампах, виконана на молотах або пресах (I, б; II, б);
- штампована заготовка в закріплених штампах, виконана на молотах або пресах (I, в; II, в);
- штампована заготовка в закріплених штампах, виконана на горизонтально-кувальних машинах (II, г).

Заготовки з круглого гарячекатаного прокату одержують відрізкою дисковою пилою частини металу на одну чи декілька деталей. Такий спосіб виготовлення заготовок застосовують в основному в індивідуальному і дрібносерійному виробництві у тих випадках, коли застосування штамів недоцільно.

Заготовками для сталевих зубчастих коліс є кування й катаний пруток. Циліндричні колеса діаметром до 50 мм і плоскі колеса без маточини діаметром до 65 мм доцільно виготовляти з гарячекатаного або холоднотянутого прутка або зі штучних заготовок, відрізаних від прутка. Пруткові заготовки надходять на токарні й револьверні верстати й багатошпиндельні автомати (крупносерійне й масове виробництво), де проводиться попередня чорнова обробка з відрізкою штучних заготовок. Циліндричні колеса із зовнішнім діаметром більше 50 мм звичайно виготовляють із кувань, одержуваних штампуванням на кривошипних куально-штампувальних пресах, молотах, горизонтально-кувальних машинах.

Поковки, які виконують вільним куванням на молотах, не відповідають формі готової деталі, але структура металу, завдяки куванню поліпшується порівняно з заготовкою, відрізаною пилою.

Штампування заготовок у підкладних штампах здійснюється на кувальних молотах, а може бути виконано на фрикційних і гідравлічних пресах або на механічних кувальних пресах.

Штампування заготовок у закріплених штампах на штампувальних молотах і пресах здійснюється як у відкритих з облоєм, так і у закритих штампах без облою.

Штампування заготовок у закріплених штампах має ряд переваг: зменшення витрат металу внаслідок відсутності облою і наближення форми заготовки до готової деталі, усунення обрізних штампів, зниження собівартості. Економія металу складає 10 – 30%. Штампування на пресах має велику перевагу перед молотами.

Внаслідок великої потужності і постійного ходу повзуна виходить точна штампована заготовка, припуски і напуски менше на 30 % у порівнянні зі штампуванням на молоті, а конфігурація заготовки наближається до готової деталі.

Процес штампування на кривошипних кувально-штампувальних пресах, що розвивають зусилля 10...50 МН, є більш продуктивним, чим штампування на молоті. **На пресах можна одержувати заготовки, дуже близькі по розмірах і формі до готової деталі.** При штампуванні на пресі одночасно деформується весь обсяг металу заготовки, більш інтенсивно, ніж на молоті, метал «тече» від центра до периферії.

Для штампованих на пресі заготовок припуски під механічну обробку встановлюють на 30...40% менше, ніж при штампуванні на молоті. У заготовках, одержуваних штампуванням на ковочноштамповочних пресах, коефіцієнт використання металу $K=0,6...0,7$.

Заготовки для зубчастих коліс одержують також **із прутка гарячим висадженням на горизонтально-кувальних машинах.** Для ряду конфігурацій і розмірів зубчастих коліс заготовки, ковані на горизонтально-кувальній машині, мають більш високий коефіцієнт використання металу, чим у штампованих на кривошипних пресах. На горизонтально-кувальній машині штампуванням роблять не тільки утворення зовнішньої форми заготовки, але й прошивання центрального отвору, тоді як при штампуванні на молоті або пресі отвір виготовляється окремою операцією. У заготовках, отриманих на горизонтально-кувальних машинах $K=0,65...0,75$.

Ковані або відштамповані заготовки піддають термообробці – нормалізації або відпалу – для зняття залишкових напруг і поліпшення їхньої оброблюваності. Після термообробки заготовки очищають від окалини дробеструйною обробкою або травленням з наступним промиванням у гарячій воді, а потім контролюють твердість, основні розміри, якість поверхні.

Продуктивність штампування на пресах вище, ніж на молотах у 1,5 – 2 рази; робота відбувається без ударів. На пресах можна штампувати з прошиванням отвору. При роботі пресів відстні ударні навантаження, вібрації і струси, що діють на фундаменти, стіни, підлоги і роботу сусідніх машин.

Заготовки **для несилових зубчастих коліс малих розмірів** виготовляють **спіканням**. Застосування металокераміки скорочує витрати металу й знижує трудомісткість виготовлення коліс.

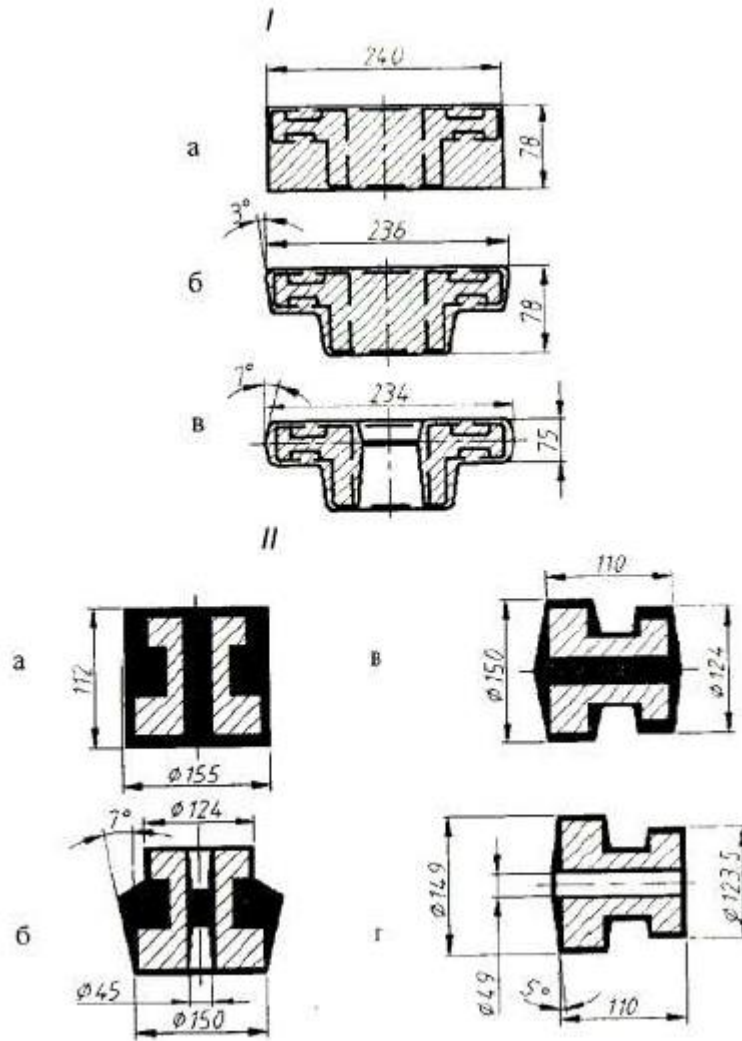


Рисунок 2 – Способи виготовлення зубчастих коліс:

I – заготовки одно вінцевого циліндричного зубчастого колеса з матчиною:

а – кування; б – штампування в підкладному штампі; в – штампована заготовка в закріпленому штампі;

II – двох вінцевого циліндричного зубчастого колеса:

а – кування; б – штампована заготовка на молоті в торець; в – штампована заготовка на полоті вздовж осі; г – штампована заготовка на ГKM з прошитим отвором

3 Матеріал і термічна обробка зубчастих коліс

Для виготовлення зубчастих коліс застосовується сталь, чавун, бронза, а також різні полімери (пластмаси). Знаходять застосування армовані зубчасті колеса, що складаються з полімерів (пластмас) і металевої арматури.

Залежно від службового призначення більшість зубчастих коліс виготовляють з вуглецевих чи легованих сталей з відповідною термічною обробкою.

Леговані сталі звичайно допускають велике (по глибині) прогрівання і меншу деформацію в порівнянні з вуглецевими сталями.

При низьких вимогах до зубчастих передач зубчасті колеса виготовляють з чавуну марок СЧ 15 та СЧ 21.

В останні роки знаходять застосування зубчасті колеса, виготовлені з пластичних мас. Оскільки такі колеса краще задовольняють вимогам безшумності при високих швидкостях, то їх застосовують навіть при швидкостях 40 – 50 м/с. такі зубчасті коле працюють в парі з сталевими загартованими або чавунними колесами.

Точність при ТО зубчастих коліс знижується в середньому на одну степінь, а в окремих випадках – на 0,5 або 1,5 степені, тому при механічній обробці поверхонь, які будуть термічно оброблюватися необхідно досягати точність на одну степінь вище.

Досвідами встановлено, що найбільше по коробленню дає цементация і менш – загартовування, тому оздоблювальну операцію – шевінгування – застосовують на деяких заводах не до цементациі, а між цементациєю і загартовуванням.

Наклеп, що отримується при грубій обробці зуба колеса, викликає значно більше по коробленню при ТО, ніж при тонкій обробці зуба. Тому чистова обробка зуба зменшує наклеп і деформацію у 2,5 рази порівняно з чорною обробкою. Шевінгувальний процес зменшує деформацію у 3 – 3,5 рази порівняно з нарізуванням зубів в один прохід. Не рекомендується знімати великі стружки перед ТО.

Леговані сталі забезпечують, як правило, менше покороблення при ТО у порівнянні з вуглецевими.

Зубчасті колеса, виготовлені із синтетичних матеріалів (текстоліт), можуть пранцювати при високих швидкостях. Такі колеса забезпечують безшумність, плавність передачі та гасіння вібрації.

Таблиця 1 – Матеріал для зубчастих коліс

Матеріал	Призначення	Вимоги	Вид ТО	Твердість
сталь 20Х	для ЗК середніх розмірів, що працюють на високих швидкостях	тверда зносостійка поверхня при міцній і в'язкій серцевині	цементация, загартовування, відпуск	HRC 56...62
сталь 18ХГТ	для ЗК, що працюють при великих швидкостях, середніх і високих питомих тисках	висока поверхнева твердість і зносостійкість при більш високій міцності і в'язкості	цементация, загартовування, відпуск	HRC 58...62
сталь 45	для ЗК середніх і великих розмірів	висока поверхнева твердість і невелика деформація	загартовування з індукційним нагріванням	HRC 48...60
сталь 40Х	для ЗК, що працюють при великих швидкостях і питомих тисках	підвищена міцність	загартовування та високий відпуск	HB 230...280
сталь 45Х	для крупно габаритних ЗК, з модулем більше 5 мм	висока поверхнева твердість і зносостійкість	загартовування з індукційним нагріванням т.в.ч. та відпуск	HRC 58...62
сталь 40ХГ	для крупно габаритних ЗК	невелика деформація, поверхнева твердість та зносостійкість	загартовування з індукційним нагріванням т.в.ч. та відпуск	HRC 48...56
сталь 35ХМ	для ЗК точних передач	висока точність і підвищена міцність	загартовування та високий відпуск	HB 280...300