

23 Виготовлення зубчастих коліс. Підрізання та корегування зубів

(тема 3.6)

План

1. Матеріали для виготовлення зубчастих коліс.
2. Термічна обробка зубчастих коліс.
3. Види руйнування зубів.

Матеріали і термічна обробка зубчастих коліс

Матеріали для виготовлення зубчастих коліс вибирають залежно від вимог, які ставляться до розмірів і маси передачі, а також залежно від потужності, колової швидкості і потрібної точності виготовлення коліс. Основним матеріалом для виготовлення зубчастих коліс більшості машин є сталі:

вуглецеві звичайної якості марок Ст5 і Ст6,

вуглецеві якісні марок 35, 40, 45, 50, 50Г;

леговані конструкційні марок 35ХГС, 40Х, 40ХН, 35ХМА та ін.

Для коліс великих діаметрів (понад 500 мм) застосовують виливки з вуглецевих сталей марок 35Л, 45Л, 55Л при колових швидкостях до 5 м/с і з легованих сталей марок 40ХНТЛ, 35ГЛ, 35ХГСЛ та інших при швидкостях понад 5 м/с. Сталь для заготовок коліс може бути у вигляді прокату, поковок і сталюого литва. Щоб підвищити міцність і твердість зубів, їх піддають термічній і хіміко-термічній обробці (поліпшенню об'ємному і поверхневому гартуванню, цементації, ціануванню, азотуванню і нітроцементації).

При поліпшенні твердість робочої поверхні зубів \leq HB 350, а при інших видах термічної обробки $>$ HB 350.

Під час термічної обробки відбувається залишкова температурна деформація коліс (так зване жолоблення, поводка), що знижує точність зубчастого вінця. Точність втрачається при об'ємній термічній обробці на 2—3 ступені, при поверхневому гартуванні середньовуглецевих сталей.

з нагріванням СВЧ (струмами високої частоти) — на 1,5—2 ступені, при поверхневому гартуванні, після цементування, азотування або нітроцементзації — на 0,5—1,5 ступеня. При твердості коліс \leq HB 350 чистову обробку зубів виконують фрезеруванням, довбанням, шевінгуванням, а при вищій твердості — шліфуванням, тому чистове нарізування зубів поліпшуваних коліс роблять після термічної обробки, що виключає шліфування.

Чавуни застосовують для виготовлення тихохідних, переважно відкритих передач, а також передач з ручним приводом, які працюють при колових швидкостях до 3 м/с. Для виготовлення зубчастих коліс застосовують: сірі чавуни марок СЧ 15—35, СЧ 18—36, СЧ 21—40 та ін.; модифіковані чавуни марок МСЧ 23—43, МСЧ 32—52 та ін.; високоміцні магнієві чавуни з кулястим графітом ВЧ 45—0, ВЧ 50—165 і ін.

Кольорові метали (переважно сплави міді) широко застосовують у приладобудуванні.

Зубчасті колеса з неметалевих матеріалів звичайно використовують у парі з металевими (сталевими або чавунними) в слабконавантажених передачах для забезпечення безшумної роботи, самозмашуваності або хімічної стійкості. Такими матеріалами можуть бути текстоліт, деревношаруваті пластики, капрон або поліформальдегід. З наявних марок текстоліту слід вибирати найміцніші ПТ або ПТК, а з марок деревношаруватих пластиків — ДСП-Г із зірчастим розміщенням шарів шпону, тобто з волокнами кожного шару, зміщеними на кут 25—30°.

Вибираючи матеріали, треба мати на увазі, що число навантажень за одиницю часу зубів малого колеса передачі (шестірні) в n разів більше за число навантажень більшого колеса і, отже, зуби шестірні зазнають більшого числа навантажень. Співвідношення твердості робочих поверхонь зубів шестірні і колеса не можна брати довільно. Якщо твердість робочих поверхонь зубів колеса \leq HB 350, то з метою вирівнювання довговічності зубів шестірні і колеса, прискорення їх припрацювання і підвищення опірності заїданню твердість поверхонь зубів шестірні завжди беруть більшою за твердість зубів колеса.

Для прямозубих коліс різниця середньої твердості шестірні і колеса повинна становити не менш як 20 одиниць за Брінеллем, тобто

$$HB_{1c} - HB_{2c} \geq 20.$$

Для косозубих передач бажано, щоб твердість робочих поверхонь зубів шестірні була якомога більша. Чим більша твердість зубів шестірні, тим більша несуча здатність передачі, виходячи з критерію контактної витривалості. Для зубчастих передач з твердими робочими поверхнями зубів обох коліс (\geq HR C45), які не припрацьовуються, різниця твердостей зубів шестірні і колеса не потрібна. Для виготовлення шестірні і колеса рекомендується використовувати сталь однакової марки, але з термічною обробкою до різної твердості.

§ 32.5. Види руйнування зубів

Під час роботи передачі зуби зазнають нормальних навантажень, які діють тривалий час, а також короточасних статичних чи ударних навантажень. Діючі навантаження спричиняють у перерізі зубів згинальні

напруги, а на робочій поверхні зубів — контактні напруги. За кожного оберт колеса кожний зуб один раз навантажується. Тому і згинальні, і контактні напруги циклічно змінюються від нуля до максимуму. Крім того, під час роботи передачі профілі зубів ковзають один по одному, що впливає з таких міркувань.

Вектори колових швидкостей v_1 і v_2 спільної точки контакту S шестірні і колеса (рис. 32.12), які зачіплюються, мають модулі $v_1 = \omega_1 \cdot O_1S$ і $v_2 = \omega_2 \cdot O_2S$. Проекції v_{N1} і v_{N2} швидкостей v_1 і v_2 на профільну нормаль

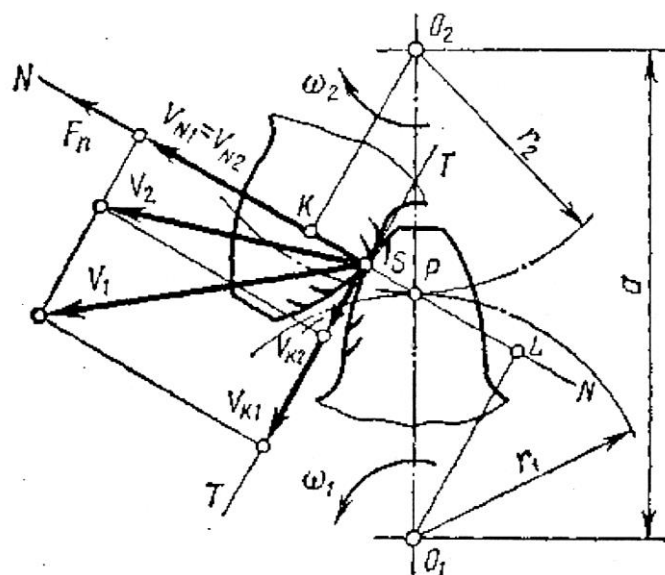


Рис. 32.12

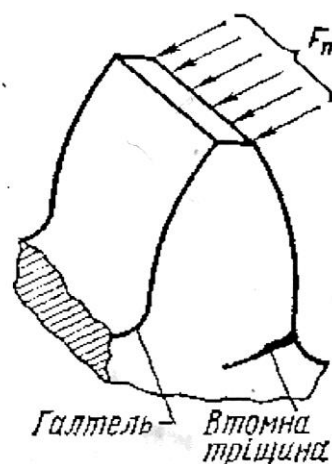


Рис. 32.13

N — N повинні бути однакові за величиною. Коли $v_{N1} \neq v_{N2}$, зачеплення порушується.

Проекції v_{K1} і v_{K2} швидкостей v_1 і v_2 на профільну дотичну T — T до поверхонь зубів різні за величиною. Різницю величин v_{K1} і v_{K2} спричинює відносне ковзання профілів зубів шестірні і колеса. Відносне ковзання поверхонь зубів зумовлює виникнення сили тертя

$$F_T = F_n f,$$

де F_n — сила взаємодії зубів коліс передачі; f — коефіцієнт тертя ковзання.

У зв'язку з викладеним у практиці експлуатації зубчастих передач трапляються такі види руйнування зубів. Від перевантаження статичної або ударної дії: ламання зубів, пошкодження робочих поверхонь зубів (пластична течія поверхневих шарів або крихке їх руйнування). Від змінних згинальних і контактних напруг: ламання зубів від втомленості, викришування робочих поверхонь зубів від втомленості. Крім того, зуби спрацьовуються, їх заїдає.

Якщо зуби ламаються від втомленості, то спочатку біля основи зуба, де волокна розтягнуті, виникає тріщина (рис. 32.13) від втомленості. Ця тріщина від повторної дії навантажень збільшується, а потім зуб ламається.

Викришування від втомленості — найчастіша причина виходу з ладу коліс закритих зубчастих передач, які працюють з багатим змащуванням. Змінні контактні напруги, які перевищують границю витрива-

лості, призводять до утворення на поверхні зубів мікротріщин. На рис. 32.12 показано напрям мікротріщин на поверхні ведучих і ведених зубів. Під час роботи зубчастої передачі в мікротріщини потрапляє масло. Сили, які діють у зачепленні, підвищують тиск масла в тріщині, розміщеній на поверхні ніжки зуба, внаслідок чого розміри її збільшуються і нарешті шматочки металу відшаровуються і викришуються (рис. 32.14, а). У відкритих передачах поверхня зубів від втомленості не викришується, бо вони швидше механічно спрацьовуються.

Спрацювання зубів коліс внаслідок потрапляння в зачеплення пилю, бруду, дрібної металевої стружки називають абразивним. При цьому початковий евольвентний профіль зубів спотворюється, змен-

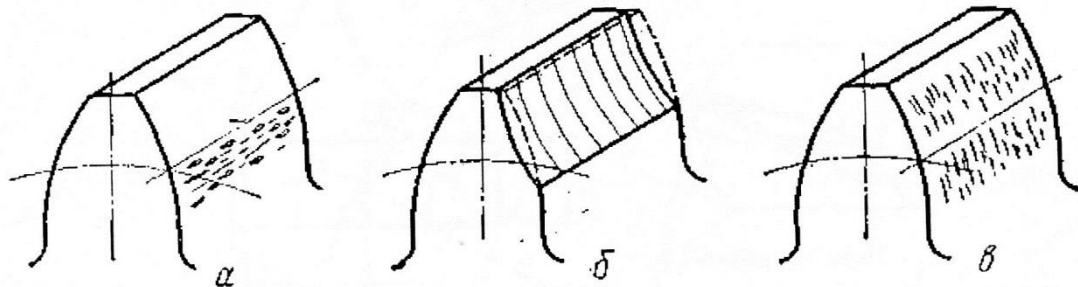


Рис. 32.14

шується їх поперечний переріз (рис. 32.14, б), збільшуються зазори в зачепленні, зростають динамічні навантаження і шум. Якщо спрацьовані зубчасті колеса не замінити новими, то зуби можуть поламатися.

Заїдання (рис. 32.14, в) трапляється у дуже навантажених передачах. В результаті великого тиску від підвищення температури і зменшення в'язкості масла масляні плівки розриваються і тужавіє метал. При цьому утворюються задири на робочих поверхнях у напрямі ковзання зубів.

Враховуючи можливі види руйнування зубів коліс, їх розраховують на згинальну і контактну витривалість і на статичну згинальну і контактну міцність.

Питання для самоконтролю

1. Які сталі застосовують для виготовлення зубчастих коліс ?
2. Які кольорові метали використовують в машинобудуванні?
3. Назвіть зубчасті колеса з неметалевих матеріалів.
4. Що таке: викришування, спрацювання, заїдання?