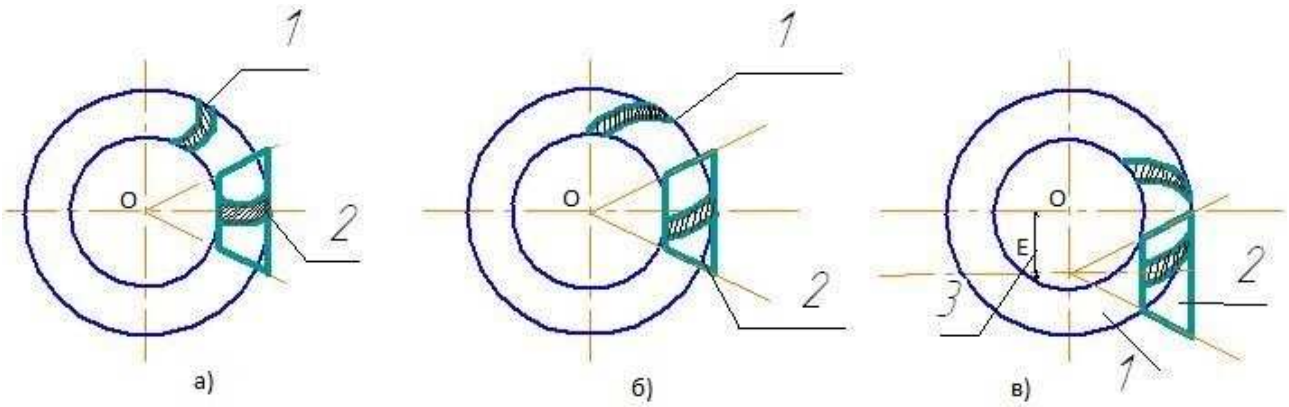
УДК 621.8-1/-9
О.Ю. Шаповалов, Ю.М. Малафєєв
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

Аналіз методів обробки конічних зубчастих поверхонь

У вітчизняній промисловості застосовують, в основному конічні зубчасті колеса з круговим зубом трьох типів.

Нульові (типу Зерол) - зубці криволінійні, з кутом спіралі в середині вінця, що дорівнює нулю (рис. 1.а), застосовують замість конічних коліс з прямими зубами без зміни монтажних розмірів, але з більш високими



показниками швидкості, безшумності і точності виготовлення.

Рис. 1. - Основні типи конічних коліс з круговим зубом:
а - нульові (Зерол); б - спірально-конічні; в - гіпоїдні; 1 - колесо;
2 - шестерня; 3 - гіпоїдне зміщення

Нульові гіпоїдні колеса виготовляють на тих же верстатах (525, 528) та інструментом того ж типу, що і спірально-конічні і гіпоїдні зубчасті колеса. Їх зубці також можна шліфувати з високою точністю.

Спірально-конічні - зубці криволінійні з кутом спіралі в середині вінця, який не дорівнює нулю (рис. б.) Спірально-конічні колеса застосовуються у всіх машинах, де необхідно передавати великі напруги плавно і безшумно на високих передачах. Вони також застосовуються для тихохідних передач, від яких потрібна максимальна точність при роботі.

Гіпоїдні – відрізняються від спірально-конічних тим, що вісь веденої шестерні зміщена щодо осі веденого колеса вгору або вниз на величину гипоидного зсуву (рис. 1.в.) Гіпоїдні передачі міцніше і менш шумні, на

© О.Ю. Шаповалов, Ю.М. Малафєєв, 2019

відміну від спірально-конічних. Завдяки плавній роботі цієї передачі і можливості зменшення габаритних розмірів гіпоїдні передачі застосовуються майже у всіх автомобілях. Гіпоїдні передачі з великим передавальним відношенням (до 1100) знайшли застосування в зубчастих парах верстатів та інших точних розподільних механізмах. Конічні передачі з круговими зубцями (типу Зерол, спірально-конічні і гіпоїдні) за способом чистового нарізування зубців, ділять на обкатні та напівобкатні [3].

У обкатаними називають передачі зубці шестерн і колес яких нарізані з обкатом. В процесі нарізування зубців, обертання заготовки погоджено з обертанням люльки, на якій вмонтована ріжуча головка що обертається. При поєднаному обточування ріжучої головки і заготовки, різці головки прорізають западину зуба поперек заготовки зубчастого вінця; ріжучі кромки різців, займаючи послідовно різні положення, що формують профіль зуба. Цей процес нарізування слід розглядати як відносну обкатку оброблюваного колеса, з представляємим плоским колесом, зубом якого є різці ріжучої головки.

У полуобкатній передачі зубці колеса нарізають методом копіювання (профіль зубців прямобокий), а зубці сполученої шестерні обробляють з обкатом (профіль зубів криволінійний). Перевага напівобкатних передач, в порівнянні з обкатними в тому, що чистове нарізування зубів колеса відбувається в 3-5 разів швидше, а час обробки зубів шестерні те ж. Міцність, плавність ходу і ККД напівобкатних і обкатних передач однакові. Напівобкатні передачі можуть виготовлятися з передавальним відношенням коліс 3:1 і більше. Чистове нарізування зубів колеса полуобкатной передачі можна здійснювати двома високопродуктивними методами: Формейт і Геликсформ. За зовнішньою ознакою колеса, нарізані будь-яким з цих методів, ідентичні – основна відмінність їх полягає в кінематиці руху інструменту і поздовжньої кривизни зуба колеса. При методі Формейт ріжуча головка – протяжка за один оборот обробляє западину зуба колеса. У процесі різання заготовка нерухома, а протяжка має тільки зворотний рух, поздовжня кривизна зуба являє собою конічну поверхню. При методі Геліксформ кожен різець головки-протягання, переміщаючись по западині зуба нерухомого колеса паралельно утворює внутрішнього конуса, здійснює одночасно два рухи: зворотній і поступальний уздовж осі. Поздовжня кривизна зуба являє собою гелікоідну (кручені) поверхню, близьку до поздовжньої кривизні зуба сполученої шестерні [1].

© О.Ю. Шаповалов, Ю.М. Малафєєв, 2019

Головна перевага коліс, оброблених методом Геликсформ, полягає в тому, що на зубцях не утворюються діагональне розміщення плям контакту, як це має місце при обробці коліс методом Формейт. Відсутність діагональності в контакті значно спрощує і скорочує час пошуку плями контакту на зубах сполученої шестерні. Крім того, в цих передачах неточність монтажу під навантаженням менше впливає на розподіл плями контакту і шумову характеристику. Метод Геликсформ застосовується для виготовлення гіпоїдних передач легкових автомобілів і невеликих вантажівок, а метод Формейт - для передач важких вантажівок.

Конічні колеса загального призначення до модуля 2,5 мм. Нарізають їх за один чистовий прохід з цільної заготовки. Коли потрібна вища точність обробки, застосовується чорнова і чистова обробки.

Для конічних коліс з модулем більше 2,5 мм зазвичай застосовують чорнову і чистову обробку зубів.

Найбільше поширення в промисловості одержали спосіб для нарізування зубів колеса і спосіб постійних установок для обробки зубів шестерні. Ці способи забезпечують високу продуктивність і високу якість обробки. При використанні наведених способів зуби сполученої пари нарізають за п'ять операцій: колесо-дві операції, чорнове і чистове зубонарізання, шестерні – три операції, чорнова і дві чистових операції. Випуклі і увігнуті сторони зубів нарізають окремо.

Чорнове зубонарезання конічних пар з круговими зубами, спірально-конічних, типу Зерол і гіпоїдних виконується двома методами: копіюванням (врізанням) і обкатом.

Метод копіювання застосовується для чорнового нарізування зубів колеса, а метод обката в основному для чорнового нарізування зубів шестерні. Метод обкату застосовувати для нарізування зубів колеса не рекомендується при будь-якому обсязі випуску зубчастих коліс, так як його продуктивність значно нижче методу копіювання.

При методі копіювання колесо що оброблюється в процесі різання нерухомо, обертається ріжуча головка переміщається уздовж осі і прорізає западину зуба. Коли чорнове нарізування здійснюється на універсальних верстатах (при невеликому випуску продукції), їх необхідно налаштовувати на

© О.Ю. Шаповалов, Ю.М. Малафєєв, 2019

роботу за методом копіювання. При методі копіювання застосовують два типи ріжучих головок-двосторонні і тристоронні (трьохрізцеві) [2].

Двосторонні головки складаються з зовнішніх і внутрішніх різців, розміщених позачергово. Кожен різець одночасно обробляє бічну сторону і западину. Тристоронні ріжучі головки мають три типи різців: зовнішні, внутрішні і серединні. Зовнішні і внутрішні різці призначені для обробки бічних сторін зуба і не стосуються дна западини. Середні різці призначені для обробки тільки дна западини зуба, їх висота на 0,10 – 0,25 мм більше внутрішніх і зовнішніх, які мають однакову висоту. Корпус двох-і тристоронніх головок-однаковий. Період стійкості тристоронніх головок вище, на відміну від двосторонніх: при постійній швидкості різання приблизно на 75%, при постійній подачі на 65%. Тристоронні головки рекомендується застосовувати у крупносерійному виробництві [1].

При методі обката оброблювані шестерня і люлька з ріжучою головкою обертаються узгоджено. Нарізування зубів шестерні відбувається двосторонньою головкою двома способами. На звичайних верстатах зуб нарізається при русі люльки в одному напрямку (вгору або вниз), западина зуба має постійну ширину. Припуск під чистове нарізування нерівномірний (на «п'яті» він більше, ніж на «носику»), в результаті чого зменшується стійкість ріжучих головок при чистовому зубонарізанні. Коли нарізування зуба відбувається при русі люльки в двох напрямках (верстати Глісона №106,116) – одна сторона западини зуба нарізається начорно при русі люльки вгору, а інша при русі вниз, ширина дна западини зуба змінюється - на «п'яті» ширше, ніж на «носику», припуск по всій довжині зуба рівномірний. Рекомендована величина припуску на сторону зуба 0,25-0,45 мм [1].

Надалі нарізування кожної сторони зуба на різних установах верстата, різці в кутах спіралі на обох сторонах зуба зводиться до мінімуму у начорно нарізання зубів по відношенню до остаточно обробленим. Ці переваги дозволяють проводити чистове нарізування зубів на прискорених подачах і з великим періодом стійкості чистових різців головок.

Для кожного виду передачі розроблені відповідні стандарти норм точності, в яких наведені відхилення за трьома незалежними нормами: кінематичної точності, плавності роботи і контролю зубів. Ці норми для кожного окремого колеса можуть призначатися виходячи з різних ступенів

© О.Ю. Шаповалов, Ю.М. Малафєєв, 2019

точності, враховуючи конкретні умови експлуатації коліс. Однак норми плавності колеса можуть бути не більш ніж на ступінь точніше або на один ступінь грубіше норм кінематичної точності, а норми контакту зубів можуть бути грубіше плавності роботи колеса не більше ніж на один ступінь.

У стандарті на точність зубчастих коліс передбачені наступні види сполучення коліс по боковому зазору: а-зі збільшеним зазором, в-з нормальним – с-з зменшеним, D - з малим, E - з особливо малим, н – з нульовим [1].

Комплекси показників точності встановлюються виробником передач в залежності від застосованої технології та обраної системи контролю. При цьому враховується точність передач, розміри вимірюваних коліс, обсяг і умови виробництва, наявність вимірювальних засобів.

Кінематична точність зубчастого колеса визначає величину повної похибки його повороту за один оборот. Ця похибка виникає в результаті мінливості радіального положення осей заготовки та інструменту, а також в результаті похибки обката зубонарізного верстата.

Кінематична точність колеса може бути досить повно визначена виміром його сумарної похибки кроку. Контроль сумарної похибки кроку визначається одним з двох методів: контролю, наприклад, на універсальному приладі БВ-5015 положення зубів визначається угломірним приладом з ціною поділки 1". Для вимірювання сумарної похибки кроку відносним методом використовується прилад з двома вимірювальними наконечниками, наприклад, фірми «Цейсс».

Список використаних джерел

1. Лопато Г. А. Конические и гипоидные передачи с круговыми зубьями / Г. А. Лопато, Н. Ф. Кабатов. – Москва: Машиностроение, 1977. – 424 с.

2. Техинфо [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://texinfo.inf.ua/razdeli/reg_instr/zuboobr_k1.html.

3. Машиностроение [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://dlja-mashinostroitelja.info.

© О.Ю. Шаповалов, Ю.М. Малафєєв, 2019