

В.І. Солодкий, к.т.н., доц.

Національний технічний університет України "КПІ"

КІНЕМАТИЧНИЙ МЕТОД ФОРМОУТВОРЕННЯ НЕКРУГЛИХ ВАЛІВ

Розглянуто методику обробки багатограних валів методом точіння на токарному верстаті. Виведено математичні залежності, які дозволяють розрахувати параметри кінематичної схеми формоутворення.

Вступ. У сучасному машинобудуванні достатньо поширеними є деталі, які мають прямолінійний граний торцевий профіль. Це – кінцівки керуючих валів під рукоятки та маховики, приводи затискних пристроїв та інше. Загалом ці поверхні утворюють фрезеруванням застосовуючи поворотні пристрої типу ділильних головок. Така схема формоутворення деталі має той недолік, що кожна грань багатогранного вала обробляється окремо, тому після завершення утворення однієї грані необхідно зупиняти верстат та виконувати поворот деталі у пристрої. Така схема формоутворення має невелику продуктивність, та значну похибку базування через яку торцевий профіль деталі утворюється не симетричним.

У той же час існують кінематичні схеми обробки, які дозволяють утворювати регулярний профіль деталі без застосування ділильних пристроїв. Найбільш поширеним є фрезерування черв'ячними фрезами за кінематичною схемою обкатки. Однак її суттєвим недоліком є те, що для кожної деталі необхідно мати оригінальну фрезу спеціального профілю.

Метою роботи є розробка методики процесу формоутворення поверхонь деталі однією профілюючою точкою інструменту із застосуванням методу точіння. Така схема формоутворення може бути реалізована на токарному верстаті методом поздовжнього точіння багатогранної циліндричної деталі. Це дає змогу застосовувати один різальний інструмент для утворення деталей різних за профілем.

Основна частина. Досліджуваний метод формоутворення заснований на взаємному коченні без ковзання двох кіл і є різновидом методу обкатки при якому деталь пов'язана з одним початковим колом, а інструмент з іншим. Перевагою такої схеми формоутворення є те, що

при зміні торцевого профілю деталі різальний інструмент залишається не змінним, виконується тільки його переналадка.

Особливістю даного методу є те, що початкова інструментальна поверхня є точкою. На практиці такий інструмент може бути реалізовано у вигляді вершини звичайного токарного різця.

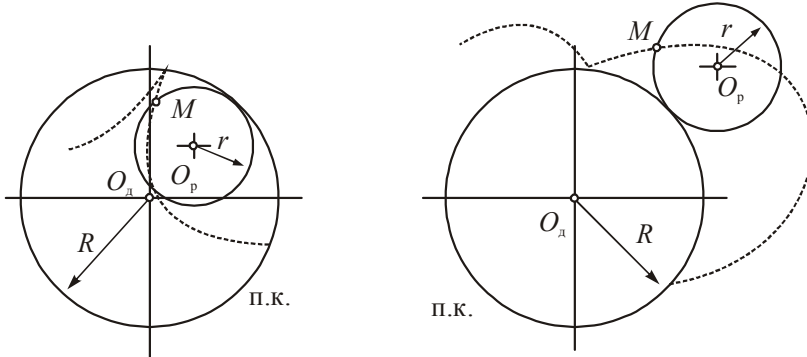


Рис. 1. Кінематична схема обкатки

Розглянемо траєкторію послідовних положень точки M , пов'язаної з рухомих колом радіуса r , що котиться по нерухомому колу радіуса R (рис. 1). Якщо кочення внутрішнє, то отримані траєкторії (подано пунктирною лінією) послідовних положень точки M утворюють гіпоциклоїди. Якщо кочення зовнішнє відповідно матимемо епіциклоїди. Якщо точка M розташована не на колі радіуса r , а ближче до її центра на відстані ρ від нього, то утворювані траєкторії називаються відповідно *укороченими* гіпоциклоїдами, або *укороченими* епіциклоїдами.

Зазвичай траєкторії точки M визначають як слід її послідовних положень при взаємному обкатуванні кіл r і R . Розглянемо більш простий метод.

Візьмемо шарнірний механізм, що складається з двох елементів рис. 2. Елемент a поєднує центри кіл радіуса r і R . Елемент ρ – це, як і раніше, відстань від центра рухомого кола до точки M . Елемент a обертається навколо центра O_1 з кутовою швидкістю ω_1 . Елемент ρ обертається навколо центра O_2 з кутовою швидкістю ω_2 . Одночасно центр O_2 рухається разом із зовнішнім рухомих кінцем елемента a .

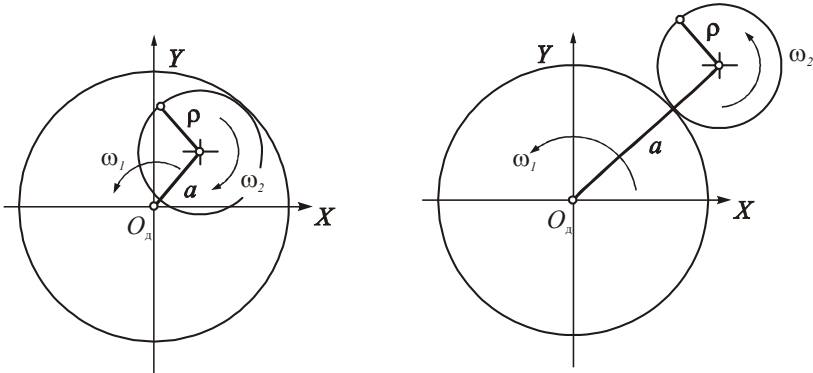


Рис. 2. Кінематичні елементи схеми кочення

При цьому виконується співвідношення $\frac{R}{r} = \frac{\omega_2}{\omega_1}$. Величину

$K = \frac{\omega_2}{\omega_1}$ називатимемо коефіцієнтом кратності. Для гіпоциклоїд ку-

тові швидкості ω_1 і ω_2 мають різний напрям. В цьому випадку приймаємо $K < 0$. Для епіциклоїд напрям кутових швидкостей ω_1 і ω_2 співпадає, тому приймаємо $K > 0$. Отже буде правдивим вираз $\omega_2 = K \cdot \omega_1$.

Чисельне значення коефіцієнта кратності K відповідає кількості повторень гілок траєкторії точки M . Наприклад при $K = 4$ отримуємо 4 гілки. Отже в процесі формоутворення буде отримана фігура, яка має чотири однакові сторони, тобто правильний чотирикутник.

Слід зазначити, що форма траєкторії профілюючої точки залежить від співвідношення a/ρ за інших однакових умов. Змінюючи це співвідношення, можна утворювати деталі різного профілю, з різною кількістю граней.

Рівняння циклоїд можливо записати:

$$X = a \cos(\varphi_1) + \rho \cos(\varphi_1 + \varphi_2),$$

$$Y = a \sin(\varphi_1) + \rho \sin(\varphi_1 + \varphi_2),$$

$$\varphi_2 = K \cdot \varphi_1,$$

де φ_1 – кут повороту ведучого елемента a , φ_2 – кут повороту веденого елемента ρ . Треба враховувати, що величини кутів φ_1 та φ_2 не можуть бути довільними, вони пов'язані між собою і залежать від величини радіусів початкових кіл деталі та інструмента.

Отже послідовність визначення траєкторії профілюючої точки інструмента може бути такою:

- відповідно до початкових даних розраховують коефіцієнт кратності K , який дорівнює кількості сторін граної деталі;
- приймаючи ряд значень кута φ_1 , розраховують координати X та Y циклоїд. Загалом досить виконати обкатку на величину однієї грані деталі;

- для ряду співвідношень a/ρ будують ряд траєкторій точки;

- вибираємо співвідношення a/ρ , при якому отримані траєкторії мають максимальне наближення до заданої форми деталі.

Пояснимо останній пункт методики. Загалом у будь-якому разі траєкторія утворюючої точки ніколи не має форму правильного багатогранника. Зазвичай його сторони будуть або трохи випуклими, або трохи увігнутими. Все залежить від величини співвідношення параметрів a/ρ . Отже завдання проєктувальника вибрати з ряду співвідношень a/ρ таке, при якому сторони багатогранника будуть максимально близькими до креслення.

Одночасно треба враховувати, що отримати гострий кут між сусідніми сторонами багатогранника теж неможливо. Однак це має свої переваги – деталь автоматично утворюється з округлими фасками.

Розглянемо приклад. Нехай треба обробити квадратний вал, радіус вписаного кола якого становить $R_0 = 20$ мм. Схема обробки подана на рис. 3. Відстань між осями інструмента і деталі приймемо $A = 70$ мм. Деталь пов'яжемо з початковим колом радіуса R (на кресленні позначено як п.к.д.), інструмент з початковим колом радіуса r (позначено як п.к.р.).

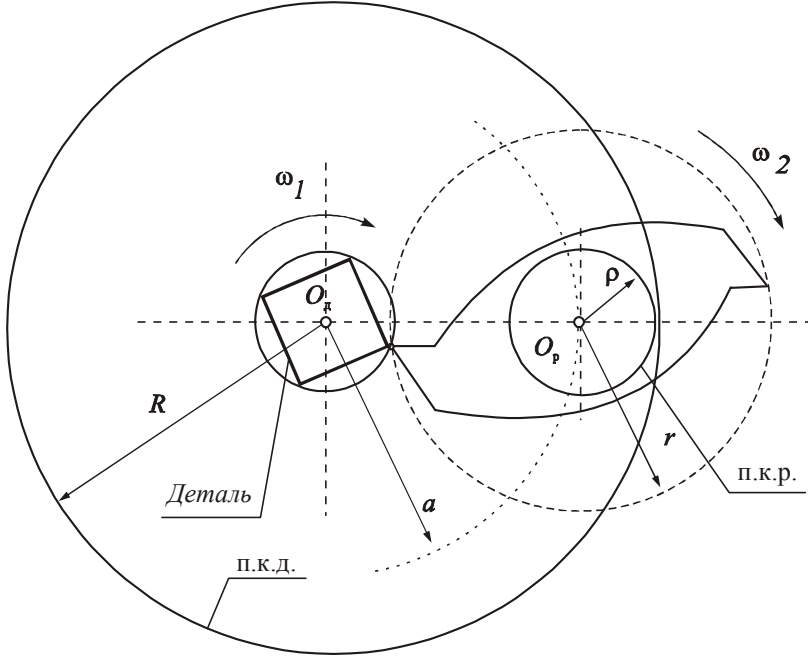


Рис. 3. Розрахункова схема точіння квадратного вала

З аналізу кінематичної схеми формоутворення можливо стверджувати, що напрями кутових швидкостей ω_1 і ω_2 співпадають, отже коефіцієнт кратності K має додатковий знак, а траєкторія формоутворюючої точки (вершини різця) є гіпоциклоїда. Відповідно до вхідних даних деталь має чотири грані, тому коефіцієнт кратності $K = 4$. Враховуючи, що обробка деталі здійснюється двома різцями, корегуємо значення коефіцієнта K і приймаємо його нове значення $K = \frac{4}{2} = 2$, якому

$$\text{повинні відповідати співвідношення } K = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{R}{r}.$$

Методика визначення величин радіусів R і r початкових кіл може бути такою. Дотримуючи співвідношення $\frac{\omega_2}{\omega_1} = K = 2$ в довільному масштабі, для ряду значень ω_1 ($\rho_1 < a$) викреслюємо сім'ю гіпоциклоїд, з яких вибираємо одну, найбільш відповідну квадрату.

Нехай за результатами побудов на кресленні це буде гіпоциклоїда, для якої елемент $a = 125$ мм, елемент $\rho = 87,5$ мм, радіус кола, вписаного в квадрат, $R_e = 36$ мм. Таким чином, співвідношення a/ρ дорівнює $a/\rho = 125/87,5 = 1/0,7$. Тоді масштаб M , в якому були виконані побудови, буде $M = R_e/R_d = 36/25 = 1,44$.

Отже елементи a і ρ кінематичної схеми формоутворення у натуральну величину повинні дорівнювати:

$$a_{\text{нат}} = a/M = 125/1,44 = 86,11 \text{ мм},$$

$$\rho_{\text{нат}} = \rho/M = 87,5/1,44 = 60,76 \text{ мм}.$$

Визначимо параметри радіусів R і r початкових кіл. Параметр $a_{\text{нат}}$ відповідно до прийнятої кінематичної схеми формоутворення становить $a_{\text{нат}} = R - r$. Враховуючи співвідношення $r = R/K$ отримуємо:

$$R = 2a_{\text{нат}} = 2 \cdot 86,11 = 172,22 \text{ мм},$$

$$r = R/K = 172,22/2 = 86,11 \text{ мм}.$$

Отже для того, щоб обточити на токарному верстаті вал квадратного перерізу з радіусом вписаного кола $R_d = 20$ мм треба мати механізм з рухомими ланками $a_{\text{нат}} = 86,11$ та $\rho_{\text{нат}} = 60,76$ мм.

Висновки. Розроблена методика формоутворення багатогранних валів дозволяє виконувати поздовжнє точіння на токарному верстаті замість використання спеціального фрезерного верстата.

У тому разі, коли деталь має парну кількість граней, можливе застосування декількох інструментів, що значно підвищує продуктивність обробки.

Інструмент, що використовується для утворення деталі, є досить простим. У загальному випадку це – звичайний токарний різець, який, на відміну від фрез, може бути досить легко виконаний з різальними елементами із твердого сплаву.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Родин П.Р., Расвкая Н.С., Солодкий В.И., Радзевич С.П.* Основы формообразования поверхностей. – К.: "КПИ", 1998. – 194 с.
2. *Дружинский А.И.* Сложные поверхности. – Л.: Машиностроение, 1985. – 253 с.
3. *Скочко Є.І.* Аналіз деяких причин обмеження точності обробки деталей різанням і механізмів виникаючих явищ // Вісник ЖІТІ. – 2000. – № 14. – С. 46–54.
4. *Карпусь В.Е., Иванов В.А., Котляр А.В.* Совершенствование технологической оснастки металлорежущих станков // Вестник НТУУ / Машиностроение. – К.: НТУУ "КПИ". – 2009. – № 9. – С. 83–88.

СОЛОДКИЙ Валерій Іванович – кандидат технічних наук, доцент кафедри Інтегральних технологій машинобудування Національного технічного університету України "КПІ".

Наукові інтереси:

- утворення гвинтових поверхонь;
- проектування та експлуатація різального інструмента.

Тел. (роб.): 454-95-28.

E-mail: solodkiyvi@bigmir.net

Подано 18.09.2009