

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

УКРАЇНСЬКА АСОЦІАЦІЯ З ПРИКЛАДНОЇ
ГЕОМЕТРІЇ
ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРЧУВАННЯ ТА ТОРГІВЛІ

ГЕОМЕТРИЧНЕ ТА КОМП'ЮТЕРНЕ
МОДЕЛЮВАННЯ

Збірник наукових праць
Випуск 28

НАУКОВЕ ФАХОВЕ ВИДАННЯ

Харків 2011

Легета Я.П.

ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

Соколов Д.Л., канд. техн. наук

Національний університет цивільного захисту України

ТЕХНОЛОГІЯ ФОРМУВАННЯ ГЛУХИХ НЕКРУГЛИХ ОТВОРІВ НА БАЗІ ПЛАНЕТАРНОГО МЕХАНІЗМУ

Розглянуто спосіб визначення параметрів, які б забезпечили необхідний результат при формоутворенні обкаткою планетарним механізмом певної фігури.

Постановка проблеми. Формоутворення некруглих глухих отворів за допомогою планетарних механізмів належить до перспективних технологій, що може знайти застосування при виготовленні та ремонті машинобудівних виробів. Наприклад, при ремонті корпусних деталей (наприклад, блоку циліндрів двигунів автомобілів), виготовлених переважно ливарним формоутворенням. Щоб відновити зірвані гнізда під шпильки виникає необхідність відтворення глухих пазів багатокутного профілю. Найчастіше вони є глухими шестикутними отворами (під гайку). Інший приклад можна навести з галузі технології виготовлені корпусної меблі, де з'єднання окремих деталей здійснюється за допомогою шпоночних пазів. При цьому необхідно формувати глухі пазові отвори. Тому актуальними будуть дослідження, спрямовані на розробку нової технології формоутворення глухих отворів фігурних профілів.

Огляд відомих результатів. В роботі Костроміна Ф.П. [1] розглянуто теоретичні питання свердління багатокутних отворів. Наведена технологія базується на застосуванні копіїв, які завчасно необхідно підготувати. Більш прогресивну технологію розглянуто в роботі Соколова Д.Л. [2], де наведено схему одночасного формоутворення системи глухих прямокутних отворів. Схема Соколова Д.Л. полягає у застосуванні редуктора планетарного механізму, що дозволяє суттєво спростити шлях переміщення фрези як різального інструменту. На рис. 1 наведена традиційна схема формоутворення системи прямокутних отворів. Тут пальцева фреза має здійснювати складний шлях переміщення, що є суттєвим недоліком зазначеної технології. На рис. 2 наведена альтернативна схема одночасного формоутворення системи глухих прямокутних

отворів. Легко переконатися у тому, що редуктор планетарного механізму дозволяє суттєво спростити шлях переміщення різального інструменту.

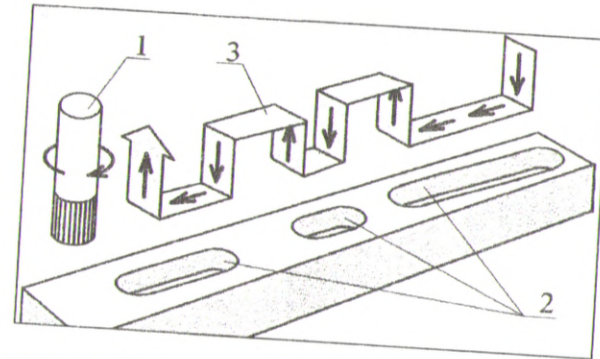


Рис. 1. Традиційна схема формоутворення системи отворів:
1 – пальцева фреза; 2 – система глухих отворів;
3 – шлях переміщення фрези

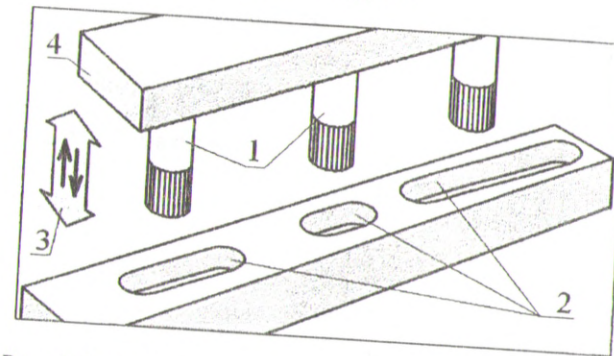


Рис. 2. Формоутворення системи прямокутних отворів за схемою планетарного механізму:
1 – пальцева фреза; 2 – система глухих отворів;
3 – шлях переміщення фрези;
4 – блок редукторів планетарного механізму

Постановка завдання. Розробити спосіб визначення параметрів, які б забезпечили необхідний результат при формоутворенні обкаткою планетарним механізмом певної фігури.

Основна частина. Спочатку розглянемо формоутворення обкаткою відрізка за гіпотроїдальним законом, в результаті чого маємо отримати фігуру, яка найменше відрізнялася б від квадрата.

На рис. 3. наведено схему формоутворення фігури в результаті руху по площині відрізка прямої за допомогою механізму планетарного виду. При цьому вважається, що коло радіуса R нерухоме, а коло радіуса r котиться без ковзання по внутрішній його частині.

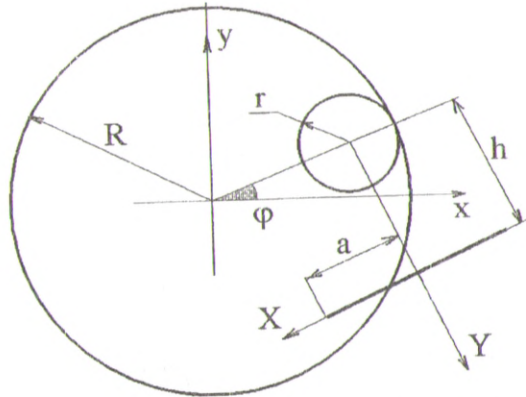


Рис. 3. Схема обкатки відрізка прямої у планетарному механізмі

В локальній системі декартових координат OXY відрізок «прямокутної» форми довжиною $2a$ і «малою шириною» b пропонується описати рівнянням

$$F(X, Y) \equiv \left(\frac{1}{2}|X+a| + \frac{1}{2}|X-a| - a \right)^2 + Y^2 - b^2 = 0. \quad (1)$$

Вважається, що цей відрізок жорстко зв'язаний з колом радіуса r і зміщений відносно його центра на величину h ; тут φ - полярний кут центра малого кола (рис. 3).

Твердження. Параметричне рівняння сім'ї відрізків, утворених у процесі обкатки, має вигляд

$$F \left((x - (R-r)\cos\varphi)\cos\frac{(R-r)\varphi}{r} - (y - (R-r)\sin\varphi)\sin\frac{(R-r)\varphi}{r} - h, \right. \quad (2)$$

$$\left. (x - (R-r)\cos\varphi)\sin\frac{(R-r)\varphi}{r} + (y - (R-r)\sin\varphi)\cos\frac{(R-r)\varphi}{r} \right) = 0$$

де функція F представлена виразом (1).

На основі формули (2) складено програму побудови елементів сім'ї відрізків. Результат виконання програми наведено на рис. 4.

В результаті проведення машинних експериментів було з'ясовано, що квадратну форму отвору можна одержати у випадках, коли параметр a наближено дорівнює 20, а параметр h наближено дорівнює -20 одиницям, а також коли $R/r = 4/3$.

На рис. 5 наведено деякі приклади «майже квадратів», в залежності від параметрів a і h . Визначити значення параметрів a і h , для яких результат обкатки матиме форму, що найменше відрізнятиметься від квадрата, пропонується за методикою центральних моментів, наведеної в роботах [3-6]. Для цього було обчислено центральні моменти (таблиця 1) для відповідного за розміром квадрата. В результаті обчислень було з'ясовано, що найменше відрізнятиметься від квадрата фігура з параметрами $a = 19$; $h = -19$.

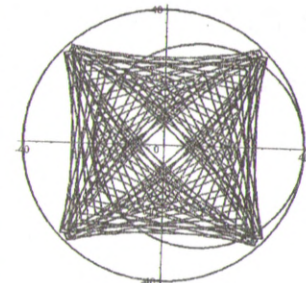
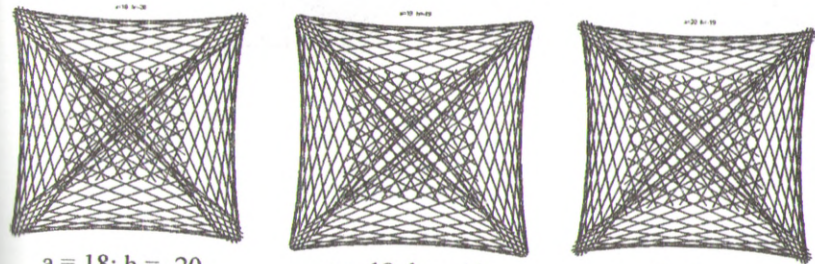


Рис. 4. Приклад виконання програми обкатки відрізком



$a = 18$; $h = -20$

$a = 19$; $h = -19$

$a = 20$; $h = -19$

Рис. 5. Приклади фігур, контури яких наближують квадрат

Таблиця 1

$p \setminus q$	0	2	4	6	8
0	1, 96	0, 32	0, 094	0, 033	0, 012
2	0, 32	0, 052	0, 015	0, 0053	0, 002
4	0, 094	0, 015	0, 0044	0, 0016	0, 0006
6	0, 033	0, 0053	0, 0016	0, 00056	0, 00021
8	0, 012	0, 002	0, 0006	0, 00021	0, 000079

Далі розглянемо схеми формоутворення глухих отворів прямокутного перерізу. На рис. 6 - 8 наведено результати обкатки квадрата, трикутника і відрізка для планетарного механізму з відношенням радіусів $R/r = 2/1$.

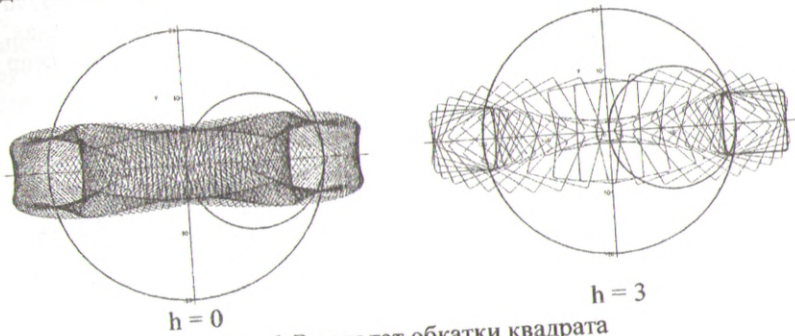


Рис. 6. Результат обкатки квадрата

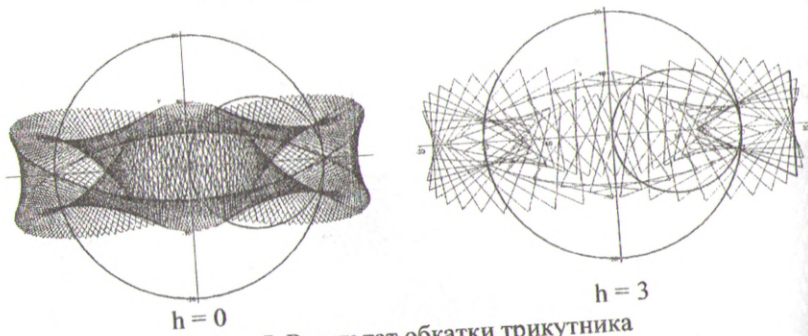


Рис. 7. Результат обкатки трикутника

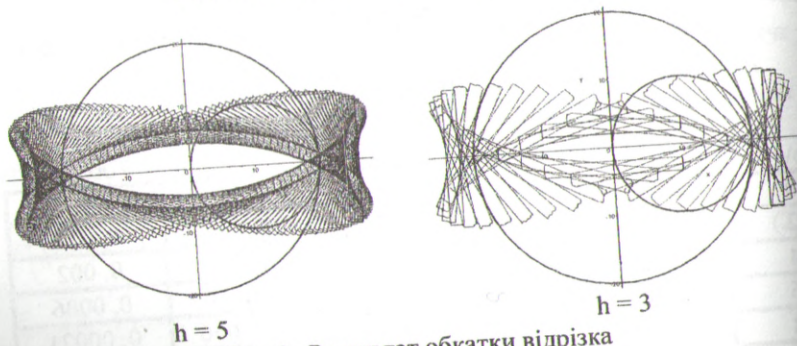


Рис. 8. Результат обкатки відрізка

Головною задачею, яку необхідно розв'язати при проектуванні оснастки для формоутворення отворів за схемою планетарного механізму, є задача геометричного моделювання результату обкатки в залежності від параметрів активної частини інструменту та відношення R/r радіусів кіл планетарного механізму. Вибір зазначених параметрів обумовлений необхідністю одержати в результаті обкатки фігуру, контур якої найменше відрізнявся б, наприклад, від прямокутника. При цьому відрізок, трикутник та прямокутник були описані за допомогою функцій:

$$f = 0.5 * (a^2 + b^2 - (x-h-R)^2 - y^2 - \text{abs}(a^2 - b^2 + y^2 - (x-h-R)^2)) ;$$

$$f = 1/4 * R_3 * 3^{(1/2)} * (x-h-R+R_3) - 3/4 * \text{abs}(y * R_3) + 1/4 * R_3 - 1/2 * (x-h-R) - 1/2 * \text{abs}(1/2 * R_3 * 3^{(1/2)} * (x-h-R+R_3) - 3/2 * \text{abs}(y * R_3) - 1/2 * R_3 + x-h-R) ;$$

$$f = 0.5 * (a^2 + b^2 - (x-h-R)^2 - y^2 - \text{abs}(a^2 - b^2 + y^2 - (x-h-R)^2)) ;$$

Тут R і r - радіуси нерухомого та малого кола; h - величина зміщення полюсу фігури відносно точки дотику кіл, a , b - параметри фігури.

Наведемо результати реальних обкаток відрізком прямої (рис. 9, 10), трикутником (рис. 11, 12) та прямокутником (рис. 13, 14). Одержані рисунки можна сприймати як доведення певних тверджень стосовно вигляду результату обкатки із заданими параметрами фігур та відношеннями R/r . Без геометричного моделювання аналогічні результати було б одержати проблематично.

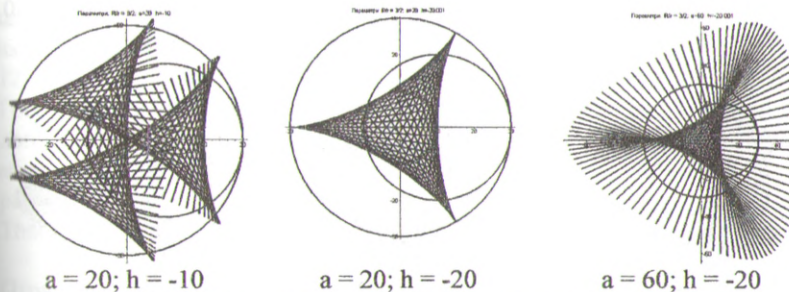


Рис. 9. Результати обкатки відрізком прямої при $R/r = 3/2$



Рис. 10. Результати обклатки відрізком прямої при $R/r = 4/3$



Рис. 11. Результати обклатки трикутником при $R/r = 3/2$



Рис. 12. Результати обклатки трикутником при $R = 5$



Рис. 13. Результати обклатки прямокутником при $R/r = 3/2$

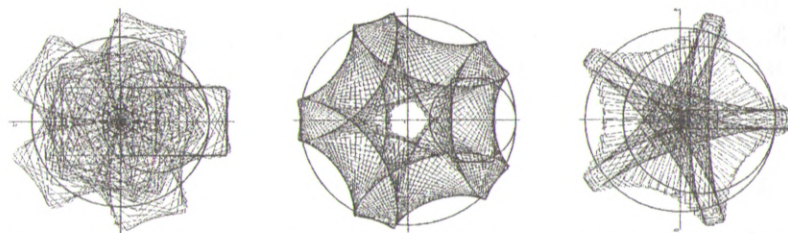


Рис. 14. Результати обклатки прямокутником при різних R/r

Висновок. Наведений спосіб геометричного моделювання результату формоутворення при обклатці планетарним механізмом певної фігури на площині дозволяє визначити параметри, які б забезпечили досягнення передбачуваного результату.

Список літератури

1. Костромин Ф.П. Сверление многоугольных отверстий. - М.: Машгиз. 1941. - 60 с.
2. Соколов Д.Л. Теоретичні основи методу виготовлення квадратних отворів свердлінням // Праці / Таврійська державна агротехнічна академія. - Вип. 4. Прикладна геометрія та інженерна графіка. - Том. 15. - Мелітополь: ТДАТА, - 2002 - С. 110 - 113.
3. Куценко Л.М., Соколов Д.Л. Ідентифікація об'єктів канонічної форми шляхом обчислення центральних моментів їх зображень // Проблеми пожежної безпеки. Харків: ХИПБ, 1999. Вип. 6. - С. 88-92.
4. Соколов Д.Л. Алгоритм ідентифікації об'єктів площини за допомогою центральних моментів // Прикладна геометрія та інженерна графіка. Вип. 69. Київ: КНУБА, 2001. - С. 214-217.
5. Соколов Д.Л. Ідентифікація форми некруглих отворів за допомогою послідовності центральних моментів // Праці / Таврійська державна агротехнічна академія. - Вип. 4. Прикладна геометрія та інженерна графіка. - Том. 12. - Мелітополь: ТДАТА, - 2001 - С. 98-100.
6. Соколов Д.Л. Геометрична інтерпретація ідентифікації об'єктів на площині за допомогою центральних моментів. - Сучасні проблеми геометричного моделювання. Харків: ХДАТОХ, 2001. - С. 309-311.
7. Ну М.К. Visual pattern recognition by moment invariants. - IRE Transaction on Information Theory, 1962, #2.

Отримано 18.03.2011, ХДУХТ, м. Харків.
© Я.П. Легета, Д.Л. Соколов, 2011.