

УДК 67.02

ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБУ ВИГОТОВЛЕННЯ ФОРМУВАЛЬНОЇ ГОЛОВКИ ПРЕСА ЗАДАНОЇ ФОРМИ

*Д. Кузенко, к. т. н., С. Левко, асистент, О. Крупич, к. т. н.
Львівський національний аграрний університет*

Постановка проблеми. Сучасний стан технічного прогресу характеризується використанням механізмів із деталями, що мають складні просторово – криволінійні поверхні. Застосування таких деталей дає змогу розширити функціональні й технологічні можливості механізмів машин, підвищити якість їх роботи.

Використання криволінійних поверхонь у конструкціях робочих органів машин, що взаємодіють із сільськогосподарськими матеріалами, дає можливість більш рівномірно розподілити навантаження на них, зменшити шкідливі опори і, відповідно, енергозатрати.

Проте варто зауважити, що виготовлення деталей із криволінійною поверхнею вирізняється технологічною складністю, великою трудомісткістю, значними затратами ручної праці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питаннями моделювання пристроїв для виготовлення криволінійних поверхонь займалися І. А. Дружинський, Ю. П. Боренштейн, В. К. Кулик, Ф. Л. Литвин, Г. Л. Швед, В. П. Табацков та ін. [2–4; 10]. Ними достатньо повно вирішені питання виготовлення криволінійних поверхонь на основі використання шаблонів або складних механізмів вищого порядку для скерування інструментів металорізальних верстатів.

Проте використання цих способів не має широкого розповсюдження в практиці через складність виготовлення криволінійних поверхонь і здійснення технологічного процесу. Тому питання вибору способу виготовлення криволінійних поверхонь заданої складної форми залишаються невирішеними.

Постановка завдання. Метою роботи є обґрунтування способу виготовлення криволінійної форми головки преса для переробки рослинних матеріалів з використанням сучасного металорізального обладнання з числовим програмним керуванням (ЧПК).

Виклад основного матеріалу. На сьогодні більшість пресів для переробки різних матеріалів (керамічних, полімерних, харчових, кормових) мають формувальні головки складної конструкції, що являють собою в основному комбінації циліндричної та конічної

форм. Така конструкція пресів недостатньо враховує особливості поведінки рослинної маси, що піддається ущільненню, та не враховує збільшення опору переміщенню її у робочому й формувальному каналі, що, у свою чергу негативно впливає на енергоємність процесу [6].

Як показали проведені нами дослідження [8; 12] найдоцільнішим є використання формувальних головок із робочим каналом, що має змінний поперечний переріз та криволінійну поверхню, в якості якої запропоновано використовувати криволінійну форму, що описується рівнянням трактиси [8]. Завдяки особливостям цієї кривої (природна крива найменшого опору), запропоновану конструкцію головки шнекового преса можна використовувати з метою зниження опору переміщенню різних матеріалів.

Рівняння трактиси має такий вигляд:

- у параметричній формі

$$\begin{cases} x = a \ln \left(\operatorname{tg} \frac{t}{2} \right) + a \cos t & \frac{\pi}{2} \leq t < \pi, \\ y = \sin t \end{cases} \quad (1)$$

- після виключення параметра t :

$$x = a \cdot \ln \left(\frac{a + \sqrt{a^2 - y^2}}{y} \right) - \sqrt{a^2 - y^2}, \quad (2)$$

де a – довжина дотичної трактиси;

t – кут між дотичною до трактиси та додатним напрямом осі абсцис.

Аналіз отриманого рівняння дав змогу вивести залежності конструктивних параметрів (довжини формувальної головки від діаметрів вхідного і вихідного отворів), які лягли в основу розробки конструкції формувальної головки (рис. 1)

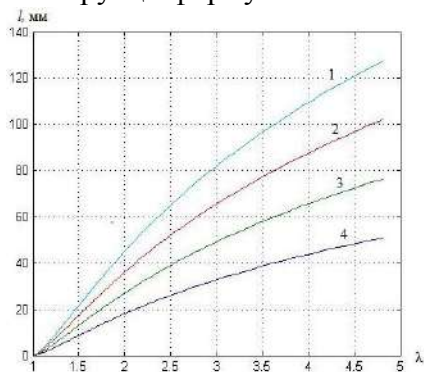


Рис. 1. Відношення діаметра вхідного отвору D до діаметру вихідного отвору λ залежно від довжини головки l : 1 – $D = 100$ мм; 2 – $D = 80$ мм; 3 – $D = 60$ мм; 4 – $D = 40$ мм.

Можна навести такі способи виготовлення формувальної головки:

- методом виливки;
- на токарному-гвинторізному верстаті за допомогою шаблона або фасонного різця;
- на вертикально-фрезерному верстаті за допомогою фасонної фрези;
- на токарному (універсальному) верстаті з ЧПК.

Метод виливки передбачає традиційне [9] виготовлення ливарної форми з подальшою обробкою поверхні (шліфуванням). Такий метод доцільно використовувати для масового виробництва. Проте значним недоліком його є необхідність додаткової обробки поверхні з метою надання їй відповідної чистоти, що потребує виготовлення спеціальних інструментів та шаблонів. Також такий метод вимагає залучення до обладнання ливарного виробництва додатково токарних або фрезерних верстатів.

Механічна обробка криволінійних поверхонь є досить складною операцією, яка характеризується змінними вихідними параметрами процесу різання: змінним радіусом та осьовим профілем фасонної поверхні, змінним припуском і фізико-механічними властивостями матеріалу заготовки тощо. Крім того, обробка криволінійних поверхонь характеризується змінністю параметрів процесу різання: геометричних параметрів леза інструмента і перерізу зрізаного шару, та, як наслідок – сил, температур різання, параметрів обробленої поверхні [1].

Тому правильний вибір способу й засобів для обробки криволінійних поверхонь має важливе значення для отримання виробу із заданими конструктивними та технологічними параметрами.

Для виготовлення невеликої кількості головок із криволінійною внутрішньою поверхнею можна використовувати горизонтальні токарно-гвинтові верстати із виготовленням додаткових пристосувань: фасонних різців і копирів [1; 5]. Фасонні різці використовують для обробки коротких (до 60 мм) за довжиною поверхонь. Їх виготовляють самостійно, що потребує високої кваліфікації робітника. Контроль якості обробки виконують за допомогою шаблонів – пластини, що має форму заданої кривої. Виготовлення шаблона також вимагає високої кваліфікації робітника.

Для підвищення продуктивності роботи на токарному верстаті можуть виготовлятися копирі [1; 9]. Виготовляють копир за заданою формою кривої. Поперечна подача різця виконується вручну по копіру,

а поздовжня може бути автоматичною. Контроль якості роботи виконують за допомогою шаблонів.

Використання копирів і фасонних рiзців можна комбiнувати. Цей метод є досить трудомістким і потребує високої точності й кваліфікації робітників.

Для дрібносерійного виробництва можна використовувати токарні верстати з числовим програмним керуванням (універсальні верстати з ЧПК). Цей спосіб є достатньо новим та потребує певної підготовки перед виготовленням.

Для масштабного (багатосерійного) виробництва формувальних головок із криволінійною поверхнею доцільно використовувати вертикально-фрезерні верстати. Цей спосіб передбачає виготовлення фасонних (спеціальних) фрез. Отвір криволінійної форми обробляють у кілька етапів:

- виточування конусного отвору;
- чорнове фрезерування криволінійної поверхні;
- чистове фрезерування;
- шліфування.

Виготовляти фасонні фрези можна методом затилування або на верстатах із ЧПК [3; 10; 11]. Обидва способи є складними, трудомісткими й потребують спеціального обладнання та високої кваліфікації робітника.

На сьогодні найдоступнішим є спосіб виготовлення кривих внутрішніх поверхонь на горизонтально-токарних верстатах із ЧПК.

Перед безпосереднім виготовленням необхідно виконати відповідні креслення та підготовчі операції.

Крім робочих креслень формувальної головки, необхідно виконати 3D модель за допомогою ПК та відповідного програмного забезпечення: AutoCAD, Компас 3D, 3D Max, Autodesk Inventor тощо. Для прикладу було розроблено 3D модель за допомогою системи проектування Компас 3D (рис. 2): вхідний діаметр отвору – 56 мм, вихідний – 20 мм, довжина робочого каналу – 61 мм і довжина кривої по осі – 21 мм. Крива (трактриса), що є твірною криволінійної поверхні, побудована за відомою методикою [7].

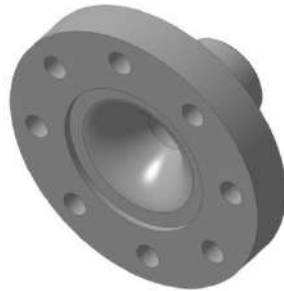


Рис. 2. 3D модель формувальної головки.

Для отриманої 3D моделі необхідно згенерувати програму керування для роботи верстата з ЧПК. Для цього використовується так званий *G-код* – мова програмування комп'ютеризованих верстатів (міжнародний стандарт ISO 6983). 3D модель формувальної головки – *stl* формат, з якого далі генерували *G-код* (програму керування). Найпоширеніші програми для написання та генерування *G-коду*: SolidCAM, ArtCAM, EMC. Варто зазначити, що для кожної конкретної системи ЧПК-верстата *G-код* може мати деякі особливості, які необхідно враховувати під час формування програми. Генерування програми керування виконується безпосередньо оператором, враховуючи всі особливості моделі та ЧПК-верстата [11].

Разом із 3D моделлю токарю-оператору необхідне робоче креслення деталі для задавання точності обробки і контролю розмірів. Оскільки верстати з ЧПК не забезпечують високої точності обробки для криволінійних поверхонь, то необхідно проводити додатково шліфування.

Виготовлення зразка формувальної головки (рис. 3) проводилося компанією «Классон Інжиніринг Україна» на токарному верстаті з ЧПК фірми HAAS.



Рис. 3. Формувальна головка преса.

Вибір способу виготовлення формувальної головки з криволінійною поверхнею буде залежати від їх необхідної кількості. Зважаючи на неоднакову вартість виготовлення виробів тим чи іншим способом, доцільно враховувати кількість і вартість, що будуть взаємозалежні (рис. 4).

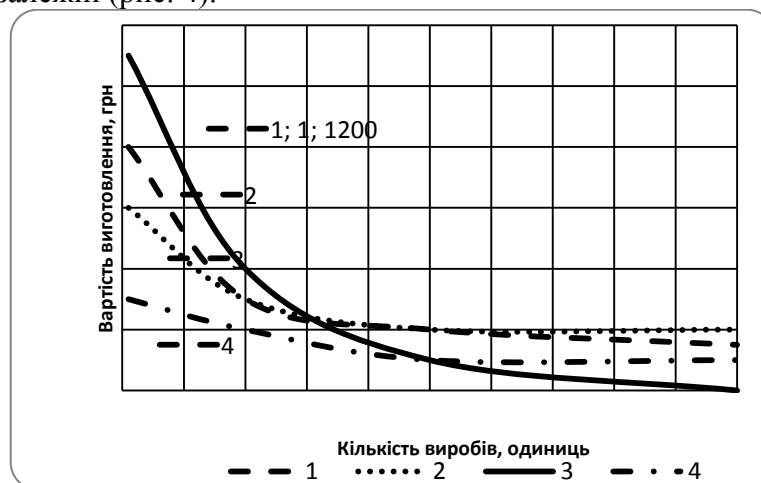


Рис. 4. Орієнтовна вартість виготовлення головок залежно від способу й кількості. 1 – фрезерування; 2 – вливка; 3 – точіння; 4 – точіння на верстаті з ЧПК

Як бачимо з графіка, для виготовлення невеликої кількості головок із криволінійною формою робочого отвору найдешевшим способом є точіння на верстаті з ЧПК, а для більших обсягів виробництва (понад 50 одиниць) доцільно користуватися фрезерними верстатами.

Проте варто зазначити, що виготовлення деталей з використанням верстатів з ЧПК вимагає наявності парку відповідного обладнання, що не завжди можливо забезпечити, тому цей спосіб є важкодоступним порівняно з традиційними способами виготовлення виробів із криволінійною поверхнею (лиття, точіння, фрезерування).

Висновки. Обґрунтовано вибір способу виготовлення криволінійних поверхонь формувальних головок пресів рослинних матеріалів з використанням верстатів з числовим програмним керуванням.

Порівняльна оцінка вартості виготовлення криволінійної поверхні головок преса показала, що запропонований спосіб більш доцільний для невеликої кількості виробів, а для масового виробництва дешевшим і простішим буде виготовлення виробів з використанням фрезерних верстатів.

Бібліографічний список

1. Белецкий Д. Г. Справочник токаря-универсала / Д. Г. Белецкий, В. Г. Моисеев, М. Г. Шеметов. – М.: Машиностроение, 1987. – 560 с.
2. Боренштейн Ю. П. Механизмы для воспроизведения сложного профиля : справ. пособие / Ю. П. Боренштейн. – М. : Машиностроение, 1978. – 232 с.
3. Дружинский И. А. Методы обработки сложных поверхностей на металлорежущих станках / И. А. Дружинский. – Л. : Машиностроение, 1965. – 600 с.
4. К вопросу синтеза центроидных направляющих механизмов / В. П. Табацков, Э. Г. Бергер, Г. Е. Диневич, Е. Э. Бергер // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – 2007. – № 2. – С. 49-52.
5. Карсунцев А. И. / Фасонные резцы : учеб. Пособие / А. И. Карсунцев, И. П. Дерябин. – Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2004. – 34 с.
6. Кузенко Д. В. Обґрунтування конструкції формувальної головки преса для рослинних матеріалів / Д. В. Кузенко, С. І. Левко // Вісник Львівського національного аграрного університету : агроінженерні дослідження. – 2012. – № 16. – С. 246-253.
7. Кузенко Д. В. Синтез криволинейной поверхности формовочной головки преса растительных материалов / Д. В. Кузенко, С. И. Левко // MOTROL. Comission of Motorization and Energetics in Agriculture. – Lublin, 2013. – Vol. 15, No. 4. – P. 244–249.
8. Левко С. І. Огляд теорій процесу пресування / С. І. Левко // Вісник Львівського національного аграрного університету : агроінженерні дослідження. – 2010. – № 15. – С. 458-467.
9. Основы металлургийного виробництва металів і сплавів / [Д. Ф. Чернега, В. С. Богушевський, Ю. Я. Готвянський та ін.] ; за ред. Д. Ф. Чернеги, Ю. Я. Готвянського. – К. : Вища шк., 2006. – 503 с.
10. Справочник конструктора точного приборостроения / [Э. Л. Аксельрад, В. А. Бурков, В. И. Горский и др.] ; под ред. Ф. Л. Ливтина. – Л. : Машиностроение, 1964. – 944 с.
11. Шарин Ю. С. Технологическое обеспечение станков с ЧПУ / Ю. С. Шарин. – М. : Машиностроение, 1986. – 176 с.
12. Grochowicz J. Wpływ wilgotności i stopnia rozdrobnienia na energię zagęszczania i wytrzymałość brykietów łubinowych / J. Grochowicz, D. Andrejko, J. Mazur // MOTROL. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. – Lublin, 2004. – T. 6. – S. 96–103

Кузенко Д., Левко С., Крупич О. Обґрунтування способу виготовлення формувальної головки преса заданої форми

Розглянуто проблему використання криволінійних поверхонь у сільськогосподарських машинах, зокрема у формувальних головках пресів. Проаналізовано існуючі способи виготовлення деталей із криволінійними поверхнями. Запропоновано способи виготовлення формувальної головки преса рослинних матеріалів із криволінійною внутрішньою поверхнею. Описано послідовність процесу виготовлення головки на ЧПК-верстаті. Подано економічне порівняння різних способів виготовлення формувальної головки з внутрішньою криволінійною поверхнею.

Ключові слова: крива, поверхня, трактриса, верстат, точіння, фрезерування, виливка.

Kuzenko D., Levko S., Krupych O. Rationale of manufacturing head the press forming a specified shape

Article considers the problem the use of curved surfaces of agricultural machines, including the heads of molding presses. Existing methods of manufacturing parts with curved surfaces. Ways of making head molding press plant material with curved inner surface. We describe the sequence of the manufacturing process heads on CNC machine. Posted economic comparison of different methods of manufacturing molding head with curved inner surface.

Key words: curve, surface, Tractrix, machine, turning, milling, casting.

Кузенко Д., Левко С., Крупич О. Обоснование способа изготовления формовочной головки преса заданной формы

Рассмотрена проблема использования криволинейных поверхностей в сельскохозяйственных машинах, в частности в формовочных головках прессов. Проанализированы существующие способы изготовления деталей с криволинейными поверхностями. Предложены способы изготовления формовочной головки преса растительных материалов с криволинейной внутренней поверхностью. Описана последовательность процесса изготовления головки на станке с ЧПУ. Проведено экономическое сравнение различных способов изготовления формовочной головки с внутренней криволинейной поверхностью.

Ключевые слова: кривая, поверхность, трактриса, станок, точение, фрезерование, отливка.