

УДК 621.923.5

М.М. Підгаєцький, канд. техн. наук, доц.

К.К. Щербина, аспір.

Кіровоградський національний технічний університет, м. Кіровоград, Україна

УТВОРЕННЯ СКЛАДНОЇ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ ЗЕРНА ПРИ ХОНІНГУВАННІ ОТВОРІВ

Запропоновано методику утворення складної траєкторії руху зерна у вигляді фігур Ліссажу в процесі хонінгування отворів, з використанням мехатронного продукційного хонінгувального верстата з адаптивно-програмним керуванням, що дозволить покращити продуктивність обробки та підвищення геометричної точності обробляемого отвору.

Предложена методика образования сложной траектории движения зерна в виде фигуры Лиссажа в процессе хонингования отверстий, с использованием мехатронного производственного хонинговального станка с адаптивно-программным управлением, что позволит улучшить продуктивность обработки и повысит геометрическую точность обрабатываемой детали.

Proposed a method of formation of the difficult trajectories of movement of grain in the form of Lissajous figures in the course of a honing of bores, with use of the mechatronic productional honing machine with adaptive programmed control that will allow to improve efficiency of processing and improve the geometric accuracy of a processed detail.

Постановка проблеми

Підвищення геометричної точності обробляемого отвору та покращення продуктивності процесу хонінгування отворів є постійною науково-технічною проблемою процесу фінішної обробки отворів. Одним з перспективних шляхів вирішення даної проблеми є створення складної траєкторії руху зерна у вигляді фігур Ліссажу за рахунок додавання додаткових коливальних рухів, так названих рухів осциляції, а саме, колових та осьових з різнорідною частотою та амплітудою коливань з використанням спеціальних механізмів осциляції.

Аналіз досліджень і публікацій

Дослідження механізмів осьової осциляції, що використовуються в сучасних верстатах [1], вказало на неможливість утворення складної траєкторії руху зерна у вигляді фігур Ліссажу. Дослідження існуючих механізмів осциляції з адаптивним керуванням процесом утворення складної траєкторії руху зерна у вигляді фігур Ліссажу [2], вказують на складну конструкцію самих механізмів та систем адаптивного керування, що призводить до нестабільної роботи системи адаптивного керування. Дане явище пов'язане з тим, що процеси проходять в різнорідних функціональних середовищах та з зосередженням даних рухів на шпіндельному вузлі верстата, а саме на інструменті.

Мета статті

Метою роботи є розробка простої конструкції з механізмів осциляції для створення складної траєкторії руху зерна у вигляді фігур Ліссажу з можливістю адаптивно-програмного керування та диференціації осцилюючих рухів між вузлами верстату, а саме інструментом та деталлю.

Виклад основного матеріалу

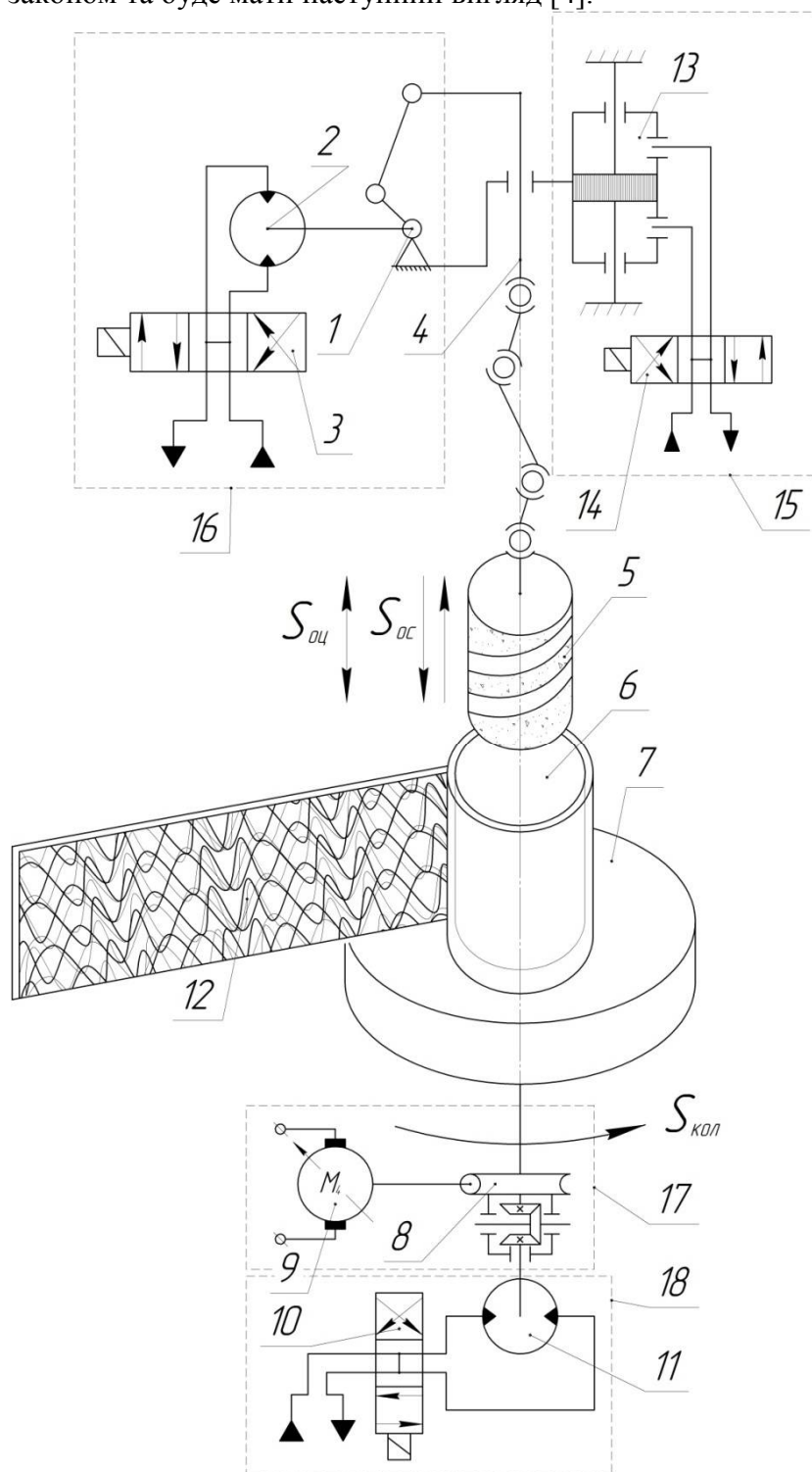
Дослідження вказали на необхідність створення простих за конструкцію та принципом керування механізмів осцилятивних рухів та необхідність диференціації рухів між інструментом та деталлю для уникнення виникнення автоколивань в процесі роботи.

Отже, розглянемо конструкцію механізму осьової осциляції мехатронного продукційного хонінгувального верстату з адаптивно-програмним керуванням (МПХВАК) (рис.1) [3]. Механізм осьової осциляції буде виконаний у вигляді кривошипно-повзуного механізму 1, котрий буде приводитися в дію за рахунок гідромотору 2.

Побудуємо математичну модель утворення траєкторії руху зерна при осьовій осциляції. Умовно приймемо, що швидкість обертання буде постійною ($V_0 = \text{const}$) та часом руху

($t = \text{const}$), розгорнута на площину проекція оброблюемого отвору з траекторію руху зерна наведена на рис.2. Необхідно зазначити, що час руху зерна буде визначатися часом одного циклу осьової осциляції. При цьому даний час є базовим для побудови всіх інших траекторій руху зерна.

Отримана траекторія руху зерна завдяки механізму осьової осциляції буде визначатися за синусоїдальним законом та буде мати наступний вигляд [4].

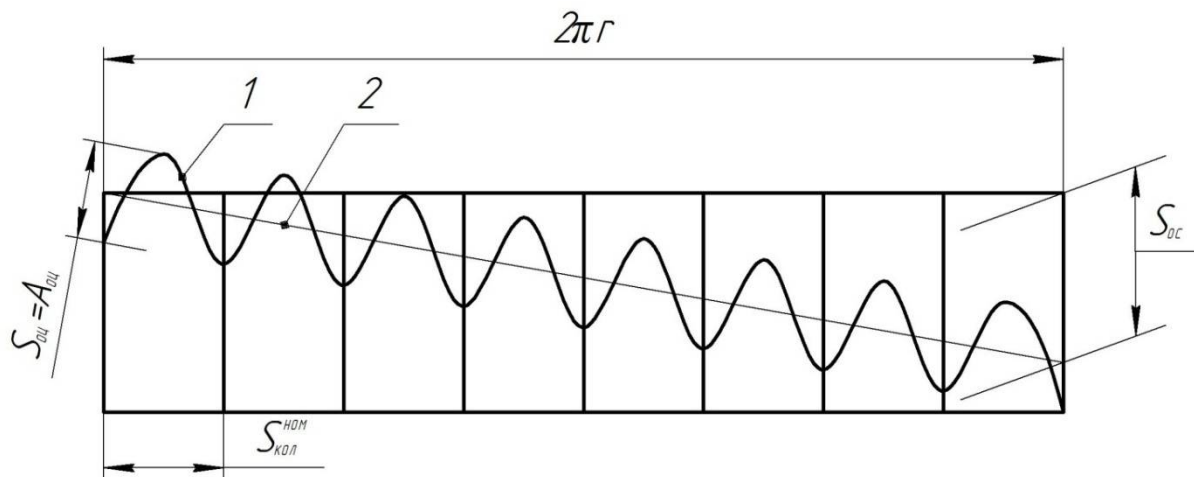


1. Кривошипно-повзуний механізм; 2 - Гідравлічний двигун; 3 - Гідророзподільник; 4 - Шарнірний механізм; 5 – Інструмент; 6 – Деталь; 7 – Стіл; 8 – Диференціал; 9 - Кроковий електродвигун; 10 – Гідророзподільник; 11 - Гідравлічний двигун; 12 - Траекторія руху зерна; 13 – гдроциліндр; 14 – гідророзподільник; 15 – механізм осьової подачі; 16 – механізм осьової осцилюючої подачі; 17 – механізм колової осцилюючої подачі; 18 – механізм колової подачі.

Рис. 1 Схема взаємодії механізмів на мехатронному продукційному хонінгувальному верстаті з

$$\begin{cases} X=V_o *t \\ Y=A_{oc} \sin(n_{об} *i_{кл})+V_{oc} t \end{cases}$$

де, X – координата точки на вісі X; V_o – швидкість обертання; t – час переміщення; Y – координата точки на вісі Y; A_{oc} – амплітуда осьових коливань; $n_{дв}$ – частота обертання гідромотору; $i_{кл}$ – передаточне відношення кривошипно-повзунного механізму; V_{oc} – швидкість поступального руху інструменту;



1 – траєкторія руху зерна інструменту; 2 – гвинтова лінія; A_{oc} – амплітуда коливань; S_{oc} – осьова подача; $S_{кол}^{ном}$ – номінальна колова подача; S_{ocol} – подача осьової осциляції; r – радіус кола;

Рис. 2. Покадрова схема траєкторії руху зерна інструмент при осьовій осциляції розгорнута на площину.

Слід зазначити, що МПХВАП має привід обертання деталі, що створює передумову створення механізму колової осциляції МПХВАП саме для надання колових осцилятивних рухів деталі. Механізм колової осциляції МПХВАП представлений на рис.1. Він складається з диференціалу 8, гідравлічного двигуна 11 та крокового електродвигуна 9.

Механізм колової осциляції працює наступним чином. Гідравлічний двигун 11 обертається з постійною частотою, а кроковий електродвигун 9 зі змінною частотою. Частота даних коливань сумується диференціалом 43, що призводить до постійної зміни швидкості обертання столу, що створює колове коливання.

При постійній швидкості поступальних рухів інструменту ($V_{oc} = \text{const}$) та постійному часі переміщення ($t = \text{const}$) з круговими коливаннями траєкторія руху зерна інструменту буде мати схожий характер з траєкторією при осьових коливаннях, і лише буде направлена в перпендикулярному напрямку і визначатиметься за тим самим синусоїдальним законом [4] та буде визначатися наступною математичною моделлю.

$$\begin{cases} X=A_o \sin\left(\frac{z_3}{z_4}n_{дв} \pm 2\frac{z_1}{z_2}n_{кд}\right)t+V_{oc} t \\ Y=V_{oc} *t \end{cases}$$

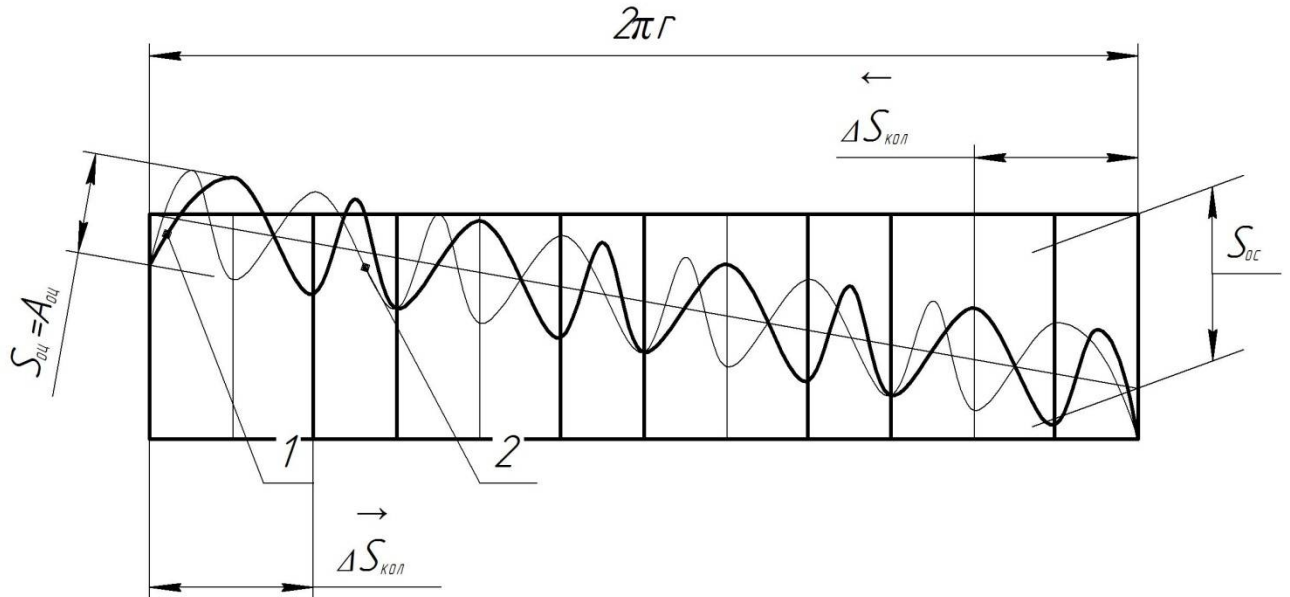
де A_o – амплітуда кругових коливань; $n_{гд}$ – частота обертання гідравлічного двигуна; $n_{кд}$ – частота обертання крокового двигуна; z_1, z_2, z_3, z_4 – кількість зубів відповідного колеса диференціалу.

Поеднаємо обидва рухи осциляції та отримуємо наступну траєкторію руху зерна рис.3. Отримана траєкторія руху зерна буде визначатися за наступною математичною залежністю.

$$\begin{cases} X = A_o \sin\left(\frac{z_3}{z_4} n_{2\partial} \pm 2 \frac{z_1}{z_2} n_{\kappa\partial}\right) t + V_{oc} t \\ Y = A_{oc} \sin(n_{oc} * i_{\kappa n}) + V_{oc} t \end{cases}$$

Отримана математична залежність дозволить створити алгоритм роботи системи адаптивного керування МХПВАП.

Також слід зазначити, що отримана траєкторія руху зерна, утворює на поверхні мікрорельєф у вигляді фігур Ліссажу.



1 – в прямому напрямку; 2 – зворотному напрямку;

Рис. 3. Покадрова схема траєкторія руху зерна інструменту в прямому і зворотному напрямку розгорнута на площину зі зміною колової подачі два рази

Аналіз траєкторії руху зерна на рис. 3 дозволив визначити залежність за якою буде змінюватися колова подача в процесі обробки.

$$S_{кол} = f(S_{oc}) \pm f(S_{oc})$$

Отримана залежність вказує на те, що головним факторами створення складної траєкторії руху зерна є значення осьової подачі і значення подачі осьової осциляції.

Висновки

Розроблені конструкції механізмів осциляції, які дозволяють створювати складну траєкторію руху зерна у вигляді фігур Ліссажу на базі МХПВАПК, мають досить просту конструкцію і передбачають безступеневе регулювання, що дозволить оптимально підібрати значення частоти та амплітуди коливань.

Встановлені математичні залежності, які визначають траєкторію руху зерна в процесі хонінгування, на базі яких буде розроблений алгоритм роботи системи адаптивного керування процесом на МХПВАПК.

Дані фактори дозволяють отримувати будь-яку щільність утвореної сітки слідів на мікрорельєфі поверхні деталі, що дасть змогу максимально підвищити продуктивність обробки та покращити геометричну точність оброблюваної деталі.

Список літературних джерел

1. Муратов К.Р., Ханов А.М. Хонинговальный модульный станок. Станки и инструмент. 2006. №12. С. 5-6.

2. Прогрессивные методы хонингования. /С.И. Куликов, Ф.Ф. Ризванов, В.А. Романчук, С.В. Ковалевский, - М.: Машиностроение, 1983. – 134 с.
3. Підгаєцький М.М.,Щербина К.К., Лобода О.В. Продукційний хонінгувальний верстат з адаптивно-програмним керуванням. Техніка в с/г виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація, вип. № 25. 2012.
4. Муратов К.Р. Эффективный метод хонингования прецизионных сквозных отверстий. Современные организационные, технологические и конструкторские методы управления качеством. Сборник научных трудов. Пермь: ГОУ ВПО ПГТУ, 2006 – с.70-72