

© Маршуба В.П., Чернякова О.В.

## **ОКРЕМІ ПИТАННЯ ПРИ СТВОРЕННІ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛИ, ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ОТВОРИВ ПРИ ГЛИБОКОМ СВЕРДЛУВАННІ ГВИНТОВИМИ СВЕРДЛАМИ**

### **1. Актуальність проблеми**

Підвищення точності виготовлення деталей і збірки вузлів збільшує довговічність і надійність експлуатації продукції. На сучасний час кожна продукція в машинобудуванні, що поставляється в умовах жорсткої конкуренції на внутрішній або зовнішній ринок, повинна володіти новим рівнем властивостей і відповідати всезростаючим вимогам, що пред'являються потенційними споживачами до функціональних, економічних або естетичних властивостей виробів. Тому основна мета при виготовленні виробів в машинобудування, це постійне поліпшення якості продукції, одночасно знаходячи оптимальний варіант в поєднанні вище перелічених властивостей виробу, необхідних споживачеві.

Одним з основних напрямів поліпшення якості виготовлення виробу є підвищення точності механічної обробки його поверхонь, яка безпосередньо впливає на функціональні і естетичні якості виробу, що необхідно здійснювати найбільш економічними шляхами і засобами.

На теперішній час питання, щодо оптимізації обробки поверхонь деталей протягом тривалого періоду привертають увагу дослідників і виробничників. Але основна маса проведених досліджень по визначенню точності і оптимізації умов обробки поверхонь деталей проводилася тільки для зовнішніх поверхонь. Разом з тим, обробка поверхонь каналів отворів займає не менш важливе місце в машинобудуванні і за об'ємом не поступається розглянутим процесам обробки зовнішніх поверхонь. Крім того, обробка точних отворів належить до найбільш трудомістких процесів в машинобудуванні, та є більш складнішою, ніж

обробка зовнішніх поверхонь, що обумовлене більш важчими умовами протікання самого процесу обробки, умовами транспортування стружки з каналу отвору, меншою жорсткістю осьових ріжучих інструментів, що використовуються при обробці таких поверхонь. Крім того при обробці каналів отворів необхідно забезпечувати не тільки точність розміру і форми, але також точність положення осі оброблюваного отвору відносно зовнішньої поверхні або інших отворів [1].

Велике значення для виробництва каналів глибоких отворів має виявлення можливостей і необхідних умов по зменшенню технологічного спадкування початкових погрішностей, оскільки вони роблять вирішальний вплив на точність, продуктивність праці при чистовій обробці отворів і на подальшу надійність роботи всіх деталей машини. Проблемні підвищення точності обробки, вібростійкості і продуктивності обробки отворів мірними осьовими інструментами вирішуються різними шляхами, наприклад за рахунок оптимізації конструктивних елементів та геометричних параметрів, орієнтації коливальної системи і режимів різання. Останні тісно пов'язані з розмірною стійкістю ріжучого інструменту, що використовується, точністю обробки, собівартістю виконання каналів глибоких отворів [1, 2].

Свердлення гвинтовими свердлами глибоких отворів є один з основних методів обробки отворів з глибиною до 15...20d в сучасному машинобудуванні. Публікації, що присвячені питанням щодо цього процесу в сучасній технічній літературі існує достатньо велика кількість. Проте, більшість з них направлені на дослідження тільки окремих питань, наприклад: стійкості, продуктивності обробки отворів, технології виготовлення, конструкції і умовам експлуатації гвинтових свердел, що використовуються. Кількість дослідницьких робіт, присвячених вивченню точності обробки каналів отворів в сучасній вітчизняній та закордонній технічній літературі досить невелике. Це пояснюється складністю дослідження процесу свердлення, зокрема:

- відсутністю візуального доступу до ріжучих кромки гвинтового свердла у процесі обробки;

- присутністю значних крутильних коливань в процесі обробки отворів з-за наявності погрішностей при заточуванні та самої конструкції ріжучого інструменту, що використовується;

- змінною швидкістю різання повздовж головних ріжучих кромки в напрямку до вершини леза;

- з неоднорідністю процесу стружкоутворення уздовж ріжучих кромки та складностями транспортування стружки з каналу обробленого отвору;

- малою осьюовою та повздовжньою жорсткістю конструкцій гвинтових свердел, що використовуються при обробці глибоких отворів;

- наявність виникнення, протікання та впливу одного на інше фізичних явищ (теплоутворення, зношення, наявність пакетів стружки в каналах отворів, адгезійна активність та інші), що супроводжують процес обробки отворів та впливають на якість обробленої поверхні.

Для більш яснішого розуміння впливу вище перерахованих чинників на точність обробки каналу отвору, процес свердлення необхідно дослідити в динаміці, і при цьому розглядати систему верстат-притосування-інструмент-деталь як єдину технологічну.

У зв'язку з цим дослідження процесу обробки, формоутворення та якості виконання каналів глибоких отворів при свердленні, в наступний час є затребуваним і актуальним завданням в сучасному машинобудуванні.

## **2. Аналіз останніх досліджень і публікацій**

При дослідженні питань, що присвячені процесу обробки заготовок, а частковості процесу формоутворення та якості виконання каналів глибоких отворів при свердленні слід розглядати наступні питання, що пов'язані з розгляданням системи верстат-притосування-інструмент-деталь. Дослідження цього питання проводили досить велика кількість дослідників, тому підсумував аналіз технічної літератури, як вітчизняної, так і закордонної, приділимо увагу більш значним роботам та тим, що розглядають велике коло питань пов'язане різними напрямками досліджень.

По даним ЭНІСМа, що присвячені точності виготовлення верстатів в сучасному машинобудуванні колишнього СРСР, їх розподіл приводять по ступеню точності на п'ять класів: найбільш поширений клас Н - нормальній точності, до якого відносяться більшість універсальних верстатів; клас П - верстати підвищеної точності з вищими вимогами до точності і якості виготовлення основних деталей верстата, їх монтажу і регулювання при збірці; клас В - верстати високої точності, відрізняються від базової моделі застосуванням спеціальної конструкції окремих деталей, високій точності виготовлення, якістю збірки і регулювання; клас А - верстати особливо високої точності, основні і базові елементи яких виготовлені і зібрані з жорсткішими вимогами, ніж у верстатах класу В; клас С - верстати особливо точні або майстер-верстати призначені для виготовлення деталей найвищої точності для верстатів класу А і В.

Як видно з приведеної класифікації, чим вищий клас точності виготовлення верстата, тим більша точність виготовлених на ньому деталей. Тому для отримання високих технічних умов, що притаманні конструкції обраної деталі, необхідно використовувати більш точніші верстати.

Аналіз літературних даних показує, що з практичної точки зору в конструкції ріжучого інструменту з метою досягнення необхідної точності деталі, необхідно враховані різноманітні нюанси, зокрема щодо вибору тих або інших початкових даних при проектуванні або підборі конструкції ріжучого інструменту при обробці отворів, ряд дослідників вирішує різними способами. Так наприклад, задачу підвищення стійкості свердел для глибокого свердлення рішенняють декількома способами: шляхом підвищення стійкості ріжучих елементів; змінюючи форму і розташування тих, що направляють; міняючи конструкції інструментів.

Разом з тим не приділяється належної уваги мікрорельєфу поверхні направляючих елементів, а саме його взаємодії з поверхнею оброблюваного отвору. Хоча мікрорельєф направляючих поверхонь значною мірою зумовлює умови тертя у зоні деформацій металу при глибокому свердленні, впливає на умови попадання змащувально-охолоджуючого середовища в фактичну зону площі

контакту. Це у свою чергу робить вплив на силові параметри процесу різання, а саме як на знос тих, що направляють, так і свердла в цілому. Отже, виявлення оптимального поєднання напрямів мікронерівностей поверхонь, що направляють свердло при глибокому свердленні і поверхні оброблюваного отвору повинне привести до підвищення стійкості свердел. Крім цього питання є велика кількість інших, що суттєво впливають на збільшення продуктивності свердлення і точності оброблюваних отворів, що в даній роботі мається на увазі під підвищенням ефективності глибокого свердлення.

Крім впливу точності виготовлення верстата та проблем пов'язаних з ріжучим інструментом, на точність виготовлення деталей впливає ще декілька факторів тобто фізичних явищ, які супроводжують процес різання. Великий вплив має теплота, що утворюється, при різанні матеріалів та тертя між інструментальним матеріалом та тім, що обробляється, яка викликає знос інструменту. Тому розглянемо деякі з них.

У процесі різання ланки технологічної системи нагріваються, що приводить до виникнення температурних погрішностей. Так, унаслідок нагріву інструменту подовжується його ріжуча частина, що приводить до виникнення погрішності форми і розмірів при обробці особливо довгих поверхонь, до коїх відносять глибоке свердлування. Виділення тепла при різанні приводить до нагріву оброблюваної заготівки, причому - чим довше заготівка, тим нерівномірніше вона нагрівається. Отже, змінюється її форма і розміри, що вносить додаткову погрішність обробки. Температура нагріву оброблюваної заготівки залежить від кількості теплоти, що поступає в заготівку, яка у свою чергу залежить від маси заготівки, теплоємності її матеріалу, режиму різання. Чим більше маса заготівки, тим менше вона схильна до температурних деформацій.

При роботі верстата виділяється теплота із-за тертя у вузлах і підшипниках, унаслідок чого нагріваються деталі верстата і його механізми. У токарно-гвинторізного верстата головним чином нагрівається передня бабка. Задня бабка, супорт і станина нагріваються декілька менше. Зважаючи на великі маси частин верстата, особливо станини, доцільно затверджувати, що повільні темпе-

ратурні деформації, які відбуваються впливають на точність обробки деталей в незначній формі, але ж цей вплив помітний.

Великий вплив на точність обробки деталей має розмірний знос ріжучого інструменту у напрямі нормалі до оброблюваної поверхні. Характеристикою інтенсивності розмірного зносу є відносний знос (мкм), тобто розмірний знос доводиться на 1000 м шляху різання. Відносний знос має складну залежність від швидкості різання. У зоні низьких швидкостей (50 м/мін) він досить великий; при зростанні швидкості різання він зменшується, досягаючи мінімуму при оптимальному значенні. Подальше зростання швидкості різання приводить до збільшення відносного зносу.

Точність виготовлення пристосувань безпосередньо впливають на точність виготовлення деталей, так як це пов'язано з погрішностями базування самих деталей. Цьому питанню приділено досить велика увага, тому в рамках статті приділяти досить велику увагу немає сенсу.

### **3. Виклад основного матеріалу досліджень**

На сучасний час при створенні математичної моделі по дослідженню обробки каналів отворів при глибокому свердлуванні, точність і якість обробки отворів визначається наступними параметрами: відхиленням розміру отворів; відхиленням форми отворів; відхиленням розташування осей (поверхонь отворів); шорсткістю обробленої поверхні отворів.

Розмір отвору зручніше виражати не в абсолютній формі, а за допомогою відхилення його від номінального розміру. Відхилення розміру отворів – алгебраїчна різниця між розміром дійсним і номінальним. Відхилення можуть бути позитивними (якщо розмір більше номінального) і негативними (якщо розмір менше номінального) [2, 4]. Відхилення форми отворів - відхилення реальної форми від форми номінальної поверхні. Розрізняють наступні види відхилень форми: овальність (відхилення від круглої, при якому отвір має форму овалу); ограновування (відхилення від круглої форми, при якому реальний профіль є багатогранною фігурою з різним числом граней, що іноді змінюється по дов-

жині обробленого отвору); конусоподібність; бочкоподібність; сідлоподібність; хвилястість профілю подовжнього перетину, при якому на обробленій поверхні утворюється регулярна хвилястість, що приводить до ступінчастості отвору з незначними перепадами діаметру. Відхилення розташування осей або поверхонь отворів - відхилення реального розташування від номінального (заданого). Розрізняють наступні види відхилень розташування осей (поверхонь) отворів: відхилення від паралельності отворів; відхилення від перпендикулярності осі; відхилення від співвісної; відхилення від симетричності; відхилення від перетину осей.

При створенні математичної моделі процесу обробки каналів отворів при глибокому свердлуванні гвинтовими свердлами в якості основних причин виникнення похибок при обробці глибоких отворів необхідно віднести наступні питання, які необхідно розглянути при дослідженні цієї проблеми. Тому необхідно врахувати, що на точність обробки каналів отворів при використанні осьових ріжучих інструментів при глибокому свердлуванні впливають різні чинники, які є причинами виникнення різноманітних дефектів: пластична деформація поверхневого шару заготовки при утворенні стружки, сприяє появі різноманітної величини шорсткості; геометрія ріжучого інструменту, що викликає таку погрішність як спадковість; не співпадання діаметру інструменту, що приступає до роботи, з діаметром отвору, на поверхню якого він спирається своїми направляючими елементами, що є причиною появи хвилястості профілю подовжнього перетину отвору; погрішність установки і переустановлення, що викликає відхилення осі обробленого отвору заготовки від заданого положення щодо прийнятої бази, і яка стає можливою із-за неможливості точного з'єднання основних і допоміжних баз осьового ріжучого інструменту і металоріжучої системи унаслідок невизначеності розташування їх системи координат; невизначеність базування при прийнятих в практиці комплектах баз для осьового ріжучого інструменту і металоріжучої системи, що підтверджується роботою [5, 6]; биття отвору, що викликає відведення і не прямолінійність осі, яке стає можливим унаслідок викривлення заготовки із-за перерозподілу залишкової на-

пруги в процесі обробки отвору; частота власних коливань інструменту сприяє появі ограновування; попадання стружки в зону різання, що викликає задирання і подряпини; напрям і величина стружкових канавок, від яких залежить величина шорсткості поверхні отриманого отвору.

При обробці свердленням отворів отримують такі параметри шорсткості  $Ra=20...5$  мкм і точність, відповідна 12...14 квалітету (рідше 10 і 11-го квалітетів). Причиною порівняно невисокій точності просвердлених отворів є геометрія свердла, відхилення від співвісної свердла з шпинделем верстата, відхилення від симетричності заточеної ріжучої частини свердла, мала жорсткість свердла.

Свердлення і розсвердлювання отворів може проводитися по двох різних кінематичних схемах: 1) обертається свердло - деталь нерухома; 2) обертається деталь - свердло нерухоме.

У обох випадках свердло переміщається уздовж осі отвору в русі подачі. Іноді застосовується така схема, коли і оброблювана деталь і свердло обертаються в протилежних напрямках. При праці за першою схемою отвір виходить циліндровим, але можливе уведення осі свердла. При праці за другою схемою вісь отвору виходить прямолінійній, співпадаюча з віссю обертання деталі, але можливе утворення конусності і зміна діаметру отвору по довжині, підтверджується даними роботи [3]. Свердлами виготовляються отвори діаметром від 0,25 до 80 мм. Застосування свердел більшого діаметру обмежується жорсткістю конструкцій свердлувальних верстатів і оброблювані деталей, а малого діаметру - жорсткістю самого свердла.

При асиметричному заточуванні ріжучих кромek система сил, що діє на свердло, приводиться до осьової складової сили різання та моменту, що крутить, і неврівноваженої складової радіальної сили. При симетричному заточуванні - до осьової складової сили різання і моменту, що крутить. Характер зміни сил різання, у міру збільшення швидкості різання, визначається зміною видів контактної взаємодії. Проте, при свердленні, зазвичай, одночасно існують декілька видів контактної взаємодії. Це пояснюється тим, що швидкість різання



на головній ріжучій кромці у допоміжних ріжучих кромках максимальна, а у перемички - наближається до нуля.

В результаті дії силових чинників, відбувається виникнення погрішностей обробки. За таких умов, свердленню притаманні такі два види погрішностей: розбиття отвору і уведення осі отвору. Розбиття отвору відбувається в результаті контакту допоміжних ріжучих кромок з поверхнею оброблюваного отвору. уведення осі свердла відбувається унаслідок вигинистих деформацій інструменту і копіювання погрішності обробленої поверхні на знов утворювану поверхню отвору. Деформація свердла надає дію на вузли і деталі верстата, перш за все на шпиндель.

При створенні математичної моделі (рис.), що описує вплив різноманітних чинників на якість оброблених отворів необхідно враховувати всі перераховані умови

## **Висновки**

Вирішення завдань збільшення продуктивності праці, ефективності виробництва, підвищення якості продукції, що випускається, тісно пов'язано з точністю обробки отворів мірними кінцевими інструментами, що широко використовуються в машинобудуванні. Проблема підвищення точності обробки деталей вирішується в трьох напрямках: поліпшення якості системи ВПД; усунення чинників, що породжують погрішність обробки, управління процесом обробки. При обробці отворів кінцеві інструменти є найменш жорсткою ланкою в системі ВПД. У зв'язку з цим поліпшення якості технологічної системи досягається, в основному, шляхом підвищення жорсткості, вібростійкої, зносостійкості і оптимізації геометричних параметрів інструменту. Придушення чинників, що викликають погрішність обробки отворів, здійснюється зазвичай посилюванням вимог до якості виготовлення і заточування кінцевих інструментів. Проте це зв'язано з великими витратами і мало ефективно. Найбільш перспективним є третій напрям - управління процесом обробки отворів. Проблема управління точністю обробки отворів мірними кінцевими інструментами вимагає вирішен-



Рис. – Математична модель, що описує вплив різноманітних чинників на якість оброблених отворів

ня широкого круга питань, починаючи з дослідження закономірностей утворення погрішностей обробки, математичного опису процесу утворення обробленої поверхні і її погрішностей залежно від умов обробки, розробки способів і засобів управління, і кінчаючи широким впровадженням в промисловість. Технологічне завдання підвищення точності і продуктивності обробки отворів мірними кінцевими інструментами зведене до завдання оптимального управління, що вирішується на основі використання принципу максимуму шляхом оптимізації конструктивних параметрів, орієнтації коливальної системи інструменту і режимів різання.

Розроблена математична модель на підставі побудови геометричного образу оброблюваного отвору при свердленні, методики побудови геометричного образу і прогнозування точності обробки отвору на основі вимірювання траєкторій формоутворення дозволяють проводити розрахунок і побудову геометричного образу оброблюваного отвору в тривимірному просторі з високою точністю і на його основі визначати показники точності отвору.

### **Список використаних джерел**

1. Холмогорцев Ю.П. Оптимизация процессов обработки отверстий. - М.: Машиностроение, 1984. - 184с.
2. Быков С.Ю., Соколов А.В., Юркевич В.В. Исследование траектории вращения шпинделя при сверлении. // Волжский технологический вестник. Научный технический производственный журнал. Волгоград. №2. 2005. С 38 - 42.
3. Королева Е.М., Никишина Н.А. Работа осевого режущего инструмента в металлорежущей системе. // Вестник машиностроения, 2000, № 12 – С. 41 - 45.
4. Быков С.Ю. Факторы, определяющие качество процесса сверления спиральными сверлами // Известия волгоградского государственного технического университета. Серия «Прогрессивные технологии машиностроения». Выпуск 2. №4. Волгоград. гос. техн. ун-т. – Волгоград, 2006. С. 25 - 28.
5. Лакирев С.Г. Обработка отверстий. - М.: Машиностроение, 1984. - 208 с.
6. Основы формообразования поверхностей резанием. Родин П.Р. Киев,

Издательское объединение «Вища школа», 1977. 192 с.

**Маршуба в.П., Чернякова о.В.** «Отдельные вопросы при создании математической модели, сравнительного обеспечения точности отверстий при глубоком сверлении винтовыми сверлами».

В статье показана математическая модель качества и точности обработки каналов отверстий, которая предоставляет возможность прогнозировать вероятность увеличения производительности труда, эффективности производства, повышения качества выпускаемой продукции, что тесно связано с точностью обработки отверстий мерными конечными инструментами, которые широко используются в машиностроении. Математическая модель заключается в создании методов прогнозирования на базе 3-d модели с учетом разнообразных факторов.

**Ключевые слова:** математическая модель; точность и качество отверстий; 3-d модели.

**Маршуба В.П., Чернякова О.В.** «Окремі питання при створенні математичної моделі, щодо забезпечення точності отворів при глибокому свердлуванні гвинтовими сверлами».

В статті показана математична модель якості і точності обробки каналів отворів, яка надає можливість прогнозувати вірогідність збільшення продуктивності праці, ефективності виробництва, підвищення якості продукції, що випускається, що тісно пов'язано з точністю обробки отворів мірними кінцевими інструментами, що широко використовуються в машинобудуванні. Математична модель полягає в створенні методів прогнозування на базі 3-D моделі з урахування різноманітних чинників.

**Ключеві слова:** математична модель; точність і якість отворів; 3-D моделі.

**Marshuba V.P., Chernyakova O.V.** «Separate questions at creation of mathematical model, comparative providing of exactness of openings at the deep boring spiral drills».

The mathematical model of quality and exactness of treatment of ductings of openings is rotined in the article, which gives possibility to forecast probability of increase of the labour productivity, efficiency of production, upgrading vipuskaemoy products, that is closely related to exactness of treatment of openings the measured eventual instruments which are widely utilized in an engineer. A mathematical model consists in creation of methods of prognostication on a base of 3-d model taking into account various factors.

***Keywords:*** mathematical model; exactness and yakost' openings; 3-d models.