

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України «КПІ»

МАРТОВ ЕДУАРД АНАТОЛІЙОВИЧ

УДК 621.95.01

Підвищення працездатності свердел для оброблення важкооброблюваних матеріалів

Спеціальність 8.05050302 – інструментальне виробництво

**Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
магістр**

Київ – 2014

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано на кафедрі інтегрованих технологій машинобудування імені П.Р. Родіна Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України, м. Київ.

Науковий керівник	кандидат технічних наук, доцент Корбут Євген Валентинович Механіко-машинобудівний інститут Національного технічного університету України «КПІ», доцент кафедри ІТМ імені П.Р. Родіна
Рецензент	кандидат технічних наук, доцент Холявік Ольга Віталіївна Механіко-машинобудівний інститут Національного технічного університету України «КПІ», доцент кафедри механіки пластичності матеріалів та ресурсозберігаючих процесів
Консультант з економічних питань	
Консультант з охорони праці та техніки безпеки	кандидат технічних наук, доцент Фоменко Ігор Олександрович Національний технічний університет України «КПІ», доцент кафедри охорони праці, промислової та цивільної безпеки

Захист відбудеться „16” червня 2014 року о 10 годині на засіданні ДЕК кафедри інтегрованих технологій машинобудування імені П.Р. Родіна НТУУ «КПІ» за адресою, 03056, м. Київ, вул. Борщагівська 115, к. 615-22

З дисертацією можна ознайомитись на кафедрі інтегрованих технологій машинобудування імені П.Р. Родіна НТУУ «КПІ» за адресою, 03056, м. Київ, вул. Борщагівська 115, к. 611

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність досліджень. Одним із найчастіше застосовуваних інструментів для обробки отворів було і залишається спіральне свердло. Незважаючи на довгу історію використання у виробництві, воно має ряд недоліків. Зменшення їх впливу може призвести до значного економічного виграшу машинобудівних підприємств.

Процес свердління характеризується відносно низькою продуктивністю. Це зумовлено, з одного боку, складністю процесу свердління та, з іншого боку, недосконалістю конструктивних та геометричних параметрів спірального свердла.

Слабкими місцями в конструкції стандартного спірального свердла є центральна та периферійна частини, де зношування проявляється найбільш інтенсивно.

Скорочення основного часу свердління можна досягти за рахунок збільшення осьової подачі та швидкості різання. Проте, збільшення сил різання супроводжується значним підвищенням температури та напружень в зоні контакту, що призводить до зменшення стійкості свердла. У масовому та крупносерійному виробництві та при виготовленні деталей, в яких конструктивно зумовлена велика кількість отворів, кожна секунда на рахунку та позначається на собівартості продукції. Крім того, варто враховувати час простою верстату внаслідок частої заміни інструмент. Тому, завжди необхідно робити вибір між використанням дешевших свердел, які працюють з нижчими режимами різання, та вищим затратами на свердла з підвищеними експлуатаційними характеристиками, що гарантують вищу продуктивність. Вибір залежить від виробничої стратегії окремого підприємства.

Підвищення експлуатаційних характеристик свердла може бути реалізовано в різний спосіб. Зокрема, застосуванням прогресивних інструментальних матеріалів, систем подачі змащувально-охолоджуючих рідин або фізико-хімічних способів обробки поверхні інструменту.

Іншою альтернативою, яка в даній роботі розглядатиметься детальніше, є зміна геометрії різальної частини спірального свердла. Численні дослідження

впливу окремих елементів конструкції свердла показали, що їх зміна в певних межах може призвести до подовження терміну служби інструменту до декількох разів за тих самих умов. Мало дослідженим залишається питання комплексної дії окремих ділянок зміненої різальної частини на процес різання та експлуатаційні характеристики свердла.

Підвищення продуктивності свердління за рахунок використання інструменту з оптимізованою геометрією без втрати у стійкості можна вважати беззаперечним успіхом. Таким чином, дослідження та створення положень, направлених на з'ясування взаємозв'язків між геометричними параметрами та експлуатаційними характеристиками свердел має велике практичне значення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Магістерська дисертація виконана на кафедрі інтегрованих технологій машинобудування в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут» у відповідності з тематичним планом науково-дослідних робіт Міністерства освіти і науки України.

Мета і задачі дослідження: Мета роботи полягає у створенні основоположень для розробки та конструктивного виконання свердел з підвищеними експлуатаційними характеристиками на основі виявлення взаємозв'язків між експлуатаційними характеристиками та геометричними параметрами.

Для досягнення мети було поставлено **наступні задачі: ИШ**

1. Проаналізувати шляхів вдосконалення конструкції та підвищення працездатності спіральних свердел;
2. Визначити основні взаємозв'язки між геометричними параметрами свердла та параметрами процесу свердління із використанням сучасних комп'ютеризованих методів дослідження;
3. Змоделювати процес свердління для виявлення прояву впливу запроваджених змін у геометрії;
4. Провести експериментальну перевірку результатів моделювання;

5. Зробити висновки щодо оптимального конструктивного виконання свердла для обробки даного матеріалу.

Об'єкт дослідження – процес моделювання різання спіральними свердлами.

Предмет дослідження – спіральне свердло діаметром 8 мм.

Методи дослідження – Виконані дослідження базуються на методах теорії проектування різальних інструментів, теорії різання матеріалів та моделювання за допомогою методу скінчених елементів (МСЕ).

Наукова новизна одержаних результатів: розроблено рекомендації щодо оптимізації конструкції спірального свердла з огляду взаємозв'язку між температурними та силовими параметрами процесу різання.

Практичне значення одержаних результатів:

1. Доведена можливість використання програмних засобів, що працюють на базі МСЕ, в якості потужного інструменту при розробці вдосконаленої геометрії різальних інструментів;

2. Розроблено конструкції спірального свердла з підвищеними експлуатаційними характеристиками;

3. Створено передумови для подальшої розробки вдосконалених конструкцій металорізальних інструментів на основі методу скінчених елементів.

Публікації та доповіді на конференціях. По темі магістерської дисертації планується доповідь на конференції «Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта 2014», що пройде в Києві 23-27 червня 2014 року.

Структура дисертації. Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 42 найменувань. Основний текст дисертації викладено на 90 стор. Повний обсяг становить 104 стор.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету, об'єкт, предмет дослідження і задачі, які автор розв'язує у роботі.

У **першому розділі** розглянуті основні геометричні параметри стандартного свердла та наявні в літературі рекомендації щодо вибору оптимальних їх значень для певних умов роботи. Наведено формули взаємозв'язку геометричних параметрів. Основна увага приділяється шляхам вдосконалення конструкції спірального свердла. В результаті проведеного аналізу літератури зроблено висновки про те, що основними напрямками вдосконалення конструкції є оптимізація розподілення товщини зрізу, передніх кутів в різноманітний спосіб, а також ділення припуску як по подачі, так і по ширині зрізу, та зменшення діаметру серцевини шляхом підточування перетинки. Також розглянуті питання, пов'язані із дослідженням процесів різання методом скінченних елементів, а саме основні відомості про функціонування такого програмного забезпечення, результати, які можна таким чином досягти, точність імплантованих чисельних методів у порівнянні із даними, отриманими шляхом верифікації через натурний експеримент та інше. З урахуванням неможливості моделювання ортогонального різання для процесу свердління, що становить найбільшу відмінність саме цього методу обробки від інших, розглянуті відповідні особливості.

У **другому розділі** розроблено 3D-моделі для комп'ютерного дослідження. Для виготовлення моделей інструменту використовувалася САПР Компас 3D від фірми «Аскон». Більшість розрахунків, пов'язаних із проектуванням, виконувалася в програмі PTC Mathcad. 3D-моделі, що використовувалися в даній роботі, наведено на р. 1.



Рис. 1 3D-моделі спірального свердла

Для виконання роботи використовувалася МСЕ-програма від «Third Wave Systems» AdvantEdge. Це програмне забезпечення реалізує в собі опис руху суцільного середовища згідно до точки зору Лагранжа, явний метод інтегрування, метод динамічного термомеханічного аналізу перехідних процесів. У програмі використовується адаптивна розбивка області на елементи та перебудова SE-сітки.

У **третьому розділі** виконано моделювання процесу свердління із залученням 3D-моделей, розроблених у попередньому розділі. Основною метою моделювання був порівняльний аналіз різних конструкцій без прив'язки до абсолютних значень досліджуваних параметрів. Такими параметрами є температури і напруження та їх розподілення на поверхні різальної частини інструменту, заготовки та стружки, затрачувана потужність, ступінь деформації стружки, осьова сила та крутний момент, а також механізм сходження стружки. Вихідні дані при цьому: свердло із швидкорізальної сталі діаметром 8 мм, оброблюваний матеріал – сталь 45, швидкість різання 12,56 м/хв, подача 0,17 мм/об., параметри фіксувалися за 0,12 с після початку оброблення.

Після першої частини комп'ютерного дослідження, яке головним чином полягало у вивченні теплових явищ, можна було зробити висновки про те, що:

1. найкращі результати показали свердла з подвійною та сферичною заточками, які дозволяють зменшити термічне навантаження на периферійну частину спірального свердла завдяки зменшенню там товщини зрізу;
2. затрачувана потужність та, відповідно, крутний момент зростає із зменшенням кута при вершині та передніх кутів;
3. висока потужність передусім зумовлена сильною деформацією стружки;
4. найвищі температури лежать на периферії та центральній частині головних різальних кромки, що відповідає ділянкам, де має місце найбільша робота різання;
5. свердло з ламаними кромками попри очікування показало незадовільні результати. Проте, можна зробити припущення про те, що ефективно застосування такої конструкції є можливим і потребує знаходження компромісу між товщиною зрізу та передніми кутами на периферії свердла;
6. подвійна та сферична заточки можуть суттєво впливати на вирішення проблеми інтенсивнішого зношування периферійної частини свердла.

У другій частині комп'ютерного дослідження основна увага приділялася напруженому стану робочої частини різних конструкцій. В результаті дослідження шести різних видів підточування поперечної кромки було зроблено висновок про те, що свердло з хрестоподібною підточкою дозволяє суттєво зменшити осьову силу та відповідно стискаючі напруження. Напружений стан такого свердла значно вигідніший, ніж в інших досліджених випадках, проте розподілення температури мало відрізняється від свердла стандартної конструкції. Тому було прийнято рішення про суміщення хрестоподібного підточування з подвійною та сферичною заточками з утворенням, таким чином, двох нових конструкцій (рис. 2)

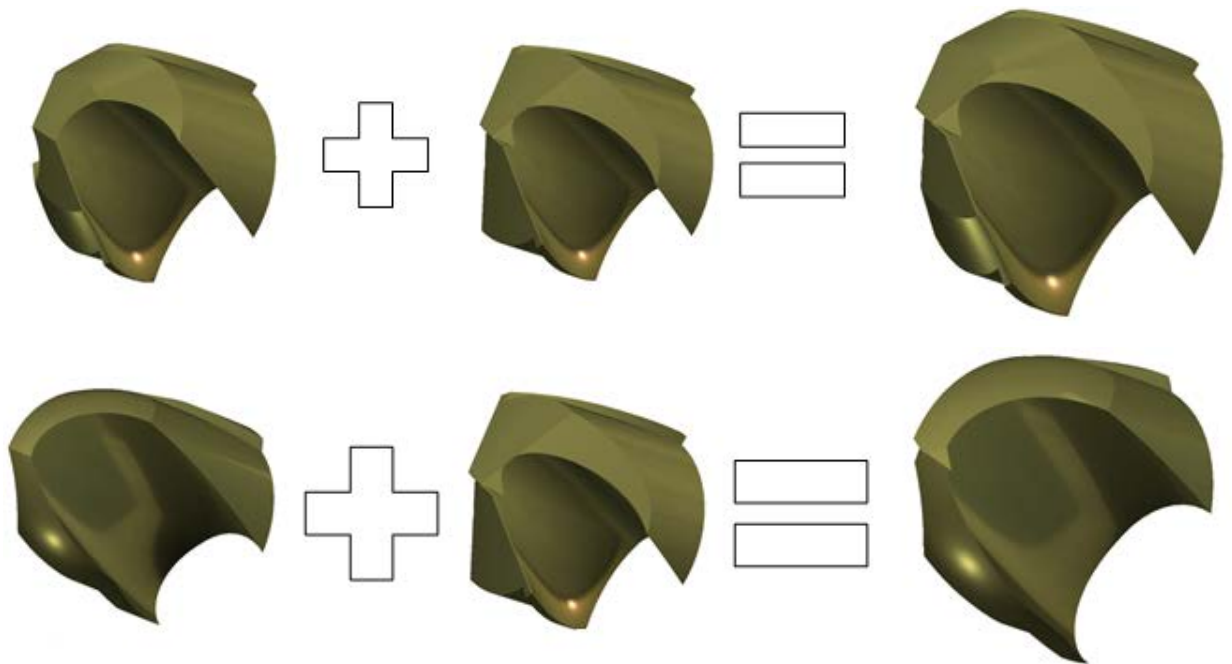


Рис. 2: Синтезовані конструкції свердел з підвищеними експлуатаційними характеристиками

Як підсумок у третьому розділі, можна зробити наступні висновки:

1. результати моделювання відповідають очікуванням, що базуються на положеннях теорії різання. Тому, скінченно-елементний аналіз може слугувати потужним інструментом при вивченні явищ, що супроводжують процес різання;
2. сферична та подвійна заточки дозволяють зменшити термо-механічне навантаження периферійної зони свердла;
3. затрачена потужність корелює з ступенем деформації стружки і може бути зменшена шляхом підвищення кута при вершині та передніх кутів;
4. комбінація із підточуванням поперечної кромки (хрестоподібним підточуванням) призводить до зменшення осьової сили та напружень, а також до їх більш рівномірного розподілення.

У **четвертому розділі** розроблений стенд для експериментальних досліджень (рис 3.). Проведено ряд натурних експериментів для підтвердження результатів

моделювання. Визначені осьова сила, крутний момент і відповідна потужність при свердлінні свердлами різних конструкцій.

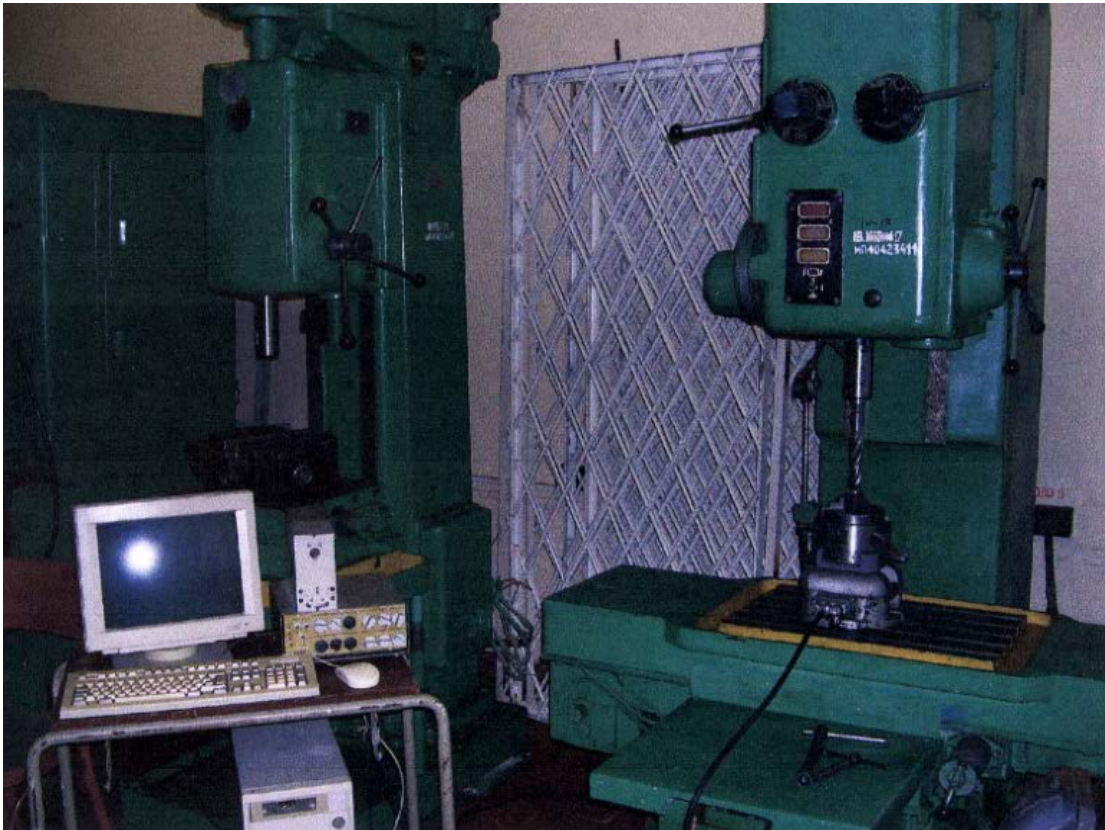


Рис.3 Стенд для проведення експериментальних досліджень

На основі експериментальної перевірки встановлено, що результати моделювання, в межах допустимих похибок, збігаються з експериментальними даними (табл.1,2).

Таблиця 1

Порівняльна таблиця значень осової сили (Н) за експериментальними та модельованими даними

	Модель	Експеримент	Похибка, %
Стандартне свердло	1600	1728	7
Подвійна + Хрестоподібна	1050	1155	9
Сферична + Хрестоподібна	1550	1658	6

Порівняльна таблиця значень споживаної потужності (Вт) за експериментальними та модельованими даними

	Модель	Експеримент	Похибка, %
Стандартне свердло	320	345	7
Подвійна + Хрестоподібна	520	570	8
Сферична + Хрестоподібна	430	465	8

У п'ятому розділі розглянуті загальні вимоги щодо використання комп'ютерів в приміщеннях. Розроблені рекомендації для збереження здоров'я оператора ПК, наведені можливі фактори ураження та методи запобігання їм. Розроблені заходи щодо зниження можливої дії шкідливих і усуненню небезпечних чинників при роботі за ПК. Детально розглянуті норми щодо організації робочого місця, його освітлення, мікроклімату, тощо.

ВИСНОВКИ

1. Процес свердління був відтворений за допомогою програмного забезпечення для моделювання. Була доведена корисність застосування методу кінцево-елементного аналізу для вирішення задач проектування, а також для вивчення процесів, що відбуваються при різанні на прикладі дослідження впливу геометрії свердла на параметри процесу свердління.
2. Проведено дослідження впливу різних варіантів геометрії.
3. Виведені залежності параметрів процесу різання від геометрії.
4. Створено передумови для розробки та конструктивного виконання свердел з підвищеними експлуатаційними характеристиками.

СПИСОК ДРУКОВАНИХ ПРАЦЬ ТА ДОПОВІДІ НА КОНФЕРЕНЦІЯХ

1. Ковальова Л.І. 3D моделювання круглих фасонних різців // Л.І. Ковальова, Е.А. Мартов // Загальноуніверситетська науково-технічна конференція молодих вчених та студентів, присвячена Дню науки. – К., 2012. – С.69-70.
2. Равська Н.С. Способи та інструмент для утворення гвинтових канавок свердел // Н.С. Равська, Е.А. Мартов // Загальноуніверситетська науково-технічна

конференція молодих вчених та студентів, присвячена Дню науки. – К., 2013. – С.60-62.

3. Доповідь на конференції «Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта 2014» на тему «Зносостійкість полімерних композиційних матеріалів в умовах нежорстко закріпленого абразиву», що пройде в Києві 23-27 червня 2014 року.

АНОТАЦІЯ

Мартов Е.А. Тема магістерської дисертації

Дисертація на здобуття наукового ступеня магістра за спеціальністю 8.05050302 – інструментальне виробництво. – Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут. – Київ, 2014

У сучасному виробництві спіральне свердло є одним з найбільш часто застосовуваних інструментів для обробки отворів. Спіральні свердла використовуються вже більше ста років, при чому їх технологія виготовлення не значно змінилася з часу їх винаходження. Хоча спіральні свердла мають довгу історію, вони також мають недоліки, які ще потрібно подолати. Одним з рішень для цього є вдосконалення геометрії різальної частини, що пов'язано із зміною конструкції. Метою цієї роботи є дослідження впливу нової геометрії різальної частини на експлуатаційні характеристики за допомогою методів скінченно-елементного аналізу. Це потребує визначення можливих та технологічно виконуваних і доречних варіантів конструкції, які ефективно сприяють підвищенню працездатності спірального свердла.

Ключові слова. Метод скінчених елементів, моделювання, свердло, напружено-деформований стан.

АННОТАЦИЯ

Мартов Э.А. Тема магистерской диссертации

Диссертация на соискание ученой степени магистра по специальности 8.05050302 – инструментальное производство. – Национальный технический университет Украины „Киевский политехнический институт. – Киев, 2014

В современном производстве спиральное сверло является одним из наиболее часто применяемых инструментов для обработки отверстий. Спиральные сверла используются уже более ста лет, причем их технология изготовления не значительно изменилась со времени их изобретения. Хотя спиральные сверла имеют длинную историю, они также имеют недостатки, которые еще предстоит преодолеть. Одним из решений для этого является совершенствование геометрии режущей части, что связано с изменением конструкции. Целью настоящей работы является исследование влияния новой геометрии режущей части на эксплуатационные характеристики с помощью методов конечно - элементного анализа. Это требует определения возможных и технологически выполнимых и уместных вариантов конструкции, которые эффективно способствуют повышению работоспособности спирального сверла.

Ключевые слова. Метод конечных элементов, моделирование, сверло, напряженно-деформированное состояние стан.

ABSTRACT

Martov E.A. Title of MSc thesis

MSc thesis by specialty 8.05050302 – Tool Production. – National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”. – Kyiv, 2014

In the modern engineering remains the twist drill one of the most commonly used tools in the machining of holes. The twist drills are already more than a hundred years in use, but its production technology have not been significantly changed during this time. Although twist drills have a long history, they have also some problems that remain to be solved. One of the solutions is to improve the geometry of the cutting part, including through the alteration of the design. The aim of this work is to study the influence of novel geometries of drilling tools on the operating characteristics by using com-

puter-aided methods to perform and to determine such possible changes in the geometry, which effectively promote the work ability of the twist drill.

Key words. Finite Elements Methods, Modeling, Drill, Stress-Strain State.