

Н.С. Равська, *Д.В. Криворучко, А.П. Оробченко
Національний технічний університет України “КПІ”,
кафедра інтегрованих технологій машинобудування

* Сумський державний університет,
кафедра технологій машинобудування, верстатів та інструментів

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ РІЗАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ СПІРАЛЬНОГО СВЕРДЛА НА ОСНОВІ 3-D МОДЕЛЮВАННЯ ЇЇ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ

© Равська Н.С., Криворучко Д.В., Оробченко А.П., 2012

Наведено результати аналізу особливостей досліджень з удосконалення конструкції спірального свердла. Розглянуто основні особливості 3-D моделювання процесу свердління методом скінченних елементів з використанням вирішувача LS-Dyna. На основі порівняльного аналізу експериментальних та даних моделювання силових характеристик процесу свердління показано можливість удосконалення конструкції свердла на основі 3-D моделювання напружено-деформованого стану його різальної частини.

The analysis presented here features of research on improvement of construction of spiral drill. The basic features of the 3-D modeling of the drilling method using finite element solver LS-Dyna. Based on comparative analysis of experimental data and modeling force of the process shows the possibility of improving the drilling construction drills from 3-D modeling of the stress-strain state its cutting parts.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Удосконалення різальних інструментів на всіх етапах розвитку техніки залишається актуальною проблемою, яка значно посилюється з розвитком автоматизованого виробництва. Особливо це стосується такого недосконалого інструменту, як спіральне свердло [1].

Завдання удосконалення цього виду інструменту, як і інших, вирішувалось на основі розгляду процесу різання без врахування явищ, що супроводжують цей процес.

Проте сучасний розвиток комп'ютерних технологій та накопичені фундаментальні закони в різних галузях, що описують окремі явища процесу різання, дають можливість моделювати цей процес з їх врахуванням та визначати за моделями певні характеристики стану кожного з елементів процесу (деталь, стружка, інструмент) залежно від умов його здійснення.

На основі досліджень цих моделей можна визначити напрями підвищення ефективності процесу різання та розв'язувати задачі подальшого удосконалення конструкцій інструменту.

Проблема удосконалення спірального свердла на основі 3-D моделювання його напружено-деформованого стану розглядається в цій роботі. Моделювання напружено-деформованого стану здійснюється за методом скінченних елементів (МСЕ) за допомогою вирішувача LS-Dyna [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз останніх досліджень з удосконалення різальної частини спірального свердла [1,4,5] показує, що вони виконані на основі теоретичних досліджень при розгляді ідеального процесу свердління, або за результатами моделювання на основі експериментальних даних.

Ці дослідження спрямовані переважно на удосконалення геометрії різальної частини та зменшення завантаження різальної кромки свердла. Завантаження різальної кромки будь-якого інструменту залежить як від його геометрії, так і від режимів різання, властивостей оброблюваного та інструментального матеріалів, схеми зрізання припуску, які знаходяться в тісному взаємозв'язку і зумовлюють певною мірою явища, які супроводжують процес різання [6, 7, 8]. Своєю чергою, ці явища впливають та визначають стан, в якому перебуває інструмент, зокрема напружено-деформований стан його різальної частини.

Визначення напружено-деформованого стану ґрунтується на розгляді багатьох явищ процесу різання та його складових, що зумовлюють ці явища.

Найбільш доцільно напружено-деформований стан будь-якого інструменту визначати на основі 3-D моделювання процесу різання [3]. Відомі роботи [9,10], де на основі 3-D моделювання процесу свердління досліджують вплив окремих характеристик складових процесу на сили різання та залишкові деформації заготовки та стружки.

Дослідження з удосконалення конструкції різальної частини спірального свердла на основі 3-D його напружено-деформованого стану різальної частини свердла не виявлено. Можливість вирішення цієї задачі розглядається в цій роботі вперше.

Мета роботи. Метою роботи є дослідження можливості використання напружено-деформованого стану різальної частини спірального свердла, визначеного на основі 3-D моделювання процесу свердління для розроблення нових, досконаліших конструкцій.

Основна частина. Дослідження проводилися при свердлінні конструкційної сталі 45 стандартним спіральним свердлом із швидкорізальної сталі Р6М5 діаметром $D=5$ мм, діаметром серцевини $d=0,17$, кутом нахилу спіральної канавки $\omega = 25$, кутом при вершині $2\varphi = 120^\circ$, заднім кутом $\alpha = 12^\circ$ при довжині свердла $L=65$ мм, швидкості різання: $V=19$ м/хв. та подачі $S_o=0,2$ мм/об.

Моделювання проводилося при розгляді стаціонарного процесу різання. Як заготовку відповідно до рекомендацій [3] було створено тіло, утворене обертанням плоского профілю (рис. 1, а) навколо вертикальної осі на 360° (рис. 1, б).

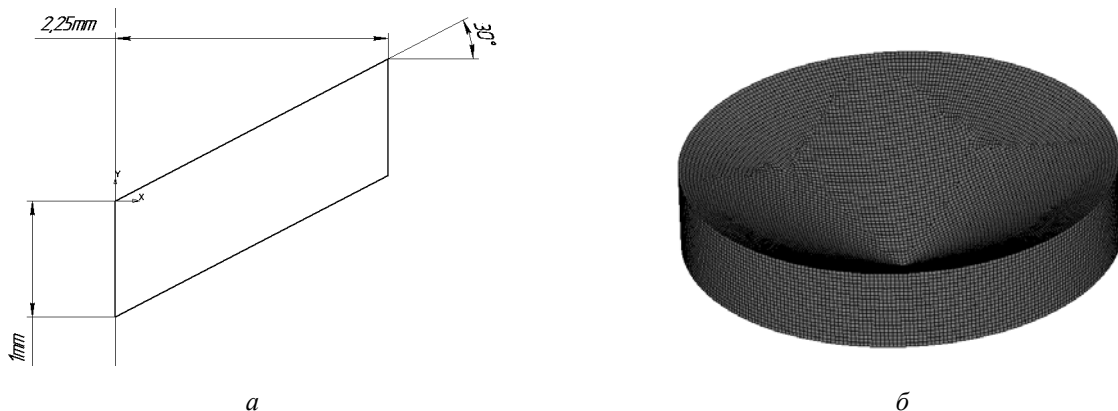


Рис. 1. Створення заготовки

При розбитті заготовки на СЕ сітку було використано кубічні елементи типу 2, які, як показують попередні досліди [3, 9, 10], дають можливість отримати якнайкращі результати.

З використанням САД програм було створено 3-D модель свердла, на основі якої моделювали процес свердління. Моделювання проводилося за методикою робіт [2, 3]. Фізико-механічні властивості задавали відповідно до рекомендацій [3].

У результаті моделювання процесу свердління визначено його силові характеристики (осьова сила P_o та крутний момент M_k). На рис. 2, а, б показані зміни цих характеристик на певному відрізьку часу. На рис. 3 показано результати моделювання напружено-деформованого стану різальної частини стандартного свердла. Аналіз показує, що найбільш напружені зони спостерігаються в його центральній частині та зонах, прилеглих до різальної кромки, більш-менш наближених до його центральної частини.

Різні приклади вдосконалення різальної частини свердла [5] підтверджують результат моделювання. Відомо, що центральна зона свердла має нераціональну геометрію передньої поверхні, яка негативно впливає на його стійкість. Тому нами було запропоновано в центральній частині свердла виконати спеціальну підточку, починаючи з діаметра $0,4D$, різальні кромки якої на цій ділянці розміщені діаметрально.

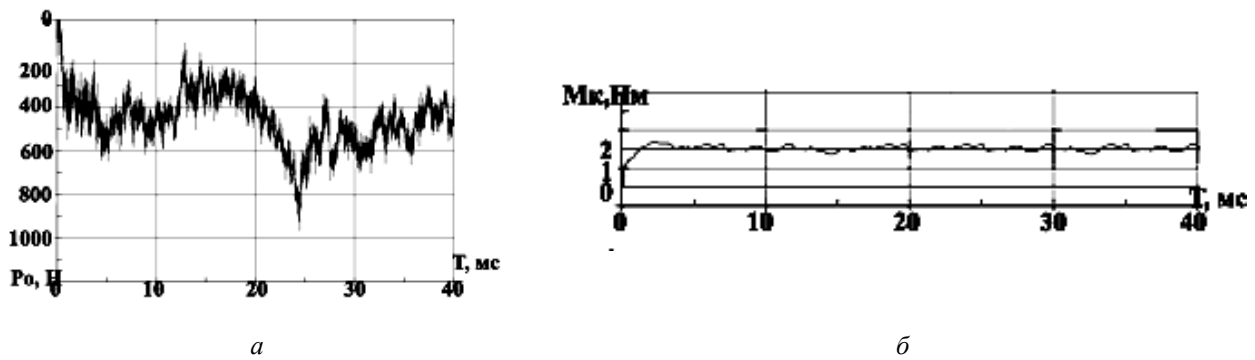


Рис. 2. Зміна силових характеристик результатів моделювання процесу свердління: а – осьової сили; б – крутного моменту

Результат моделювання напружено-деформованого стану підточеного свердла зображено на рис. 4. В центральній частині спостерігається значне зменшення зони напружень та рівномірніший перерозподіл їх вздовж всієї різальної кромки. Крім того, осьова сила різання P_o у свердла з підточкою за результатами моделювання порівняно зі стандартним зменшилась на 16 %, а крутний момент M_k – на 10 %.

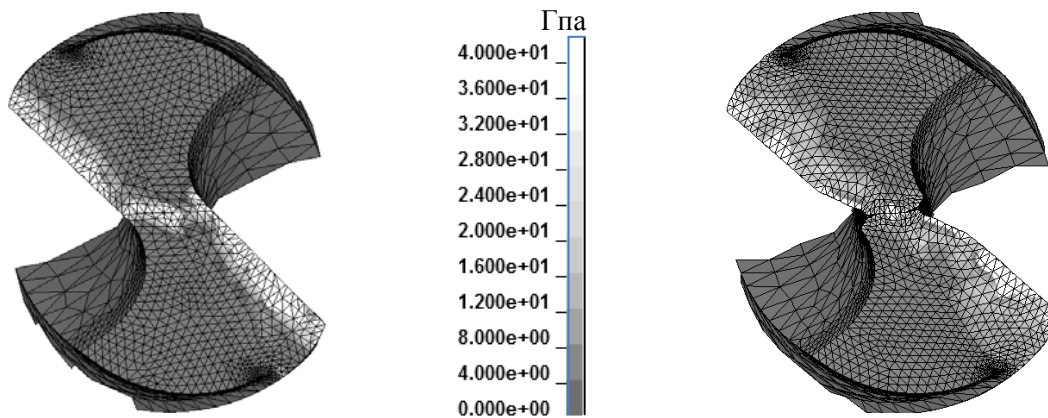


Рис. 3. Напружено-деформований стан свердла стандартної конструкції

Рис. 4. Напружено-деформований стан свердла з підточкою

У роботі [5] показано, що зменшення сили різання підвищує стійкість свердла.

Експериментальна перевірка результатів дослідження. Для перевірки результатів моделювання експериментальні дослідження проводилися для визначення силових характеристик на стенді, змонтованому на базі вертикально-свердлильного верстату 2К135Ф2, за методикою роботи [5]. У кожному експерименті проводили 3 виміри максимальних значень P_o та M_k для стандартного свердла та свердла з новою конструкцією різальної частини.

У таблиці порівняно експериментальні значення силових характеристик процесу свердління для досліджуваних свердел та результати їх моделювання.

Порівняння експериментальних даних з результатами моделювання

Характеристика	Стандартне свердло			Свердло з підточкою		
	Модель	Експеримент	Похибка %	Модель	Експеримент	Похибка, %
Осьова сила	652	985	32	548	720,5	23,9
M_k	1,95	2,0	2,5	1,6	1,8	11,1

Порівняльний аналіз наведених силових характеристик (таблиця) показує, що вони корелюються з напружено-деформованим станом свердел (рис. 3, 4), який характеризується значенням напружень, зоною їх розташування та площею.

Отже, можна стверджувати, що за характеристиками напружено-деформованого стану можна оцінювати досконалість конструкції цього інструменту.

В обох випадках порівняно з експериментальними, результати моделювання показали занижені значення для осьової сили і точніші значення крутного моменту. Ймовірно, що із збільшенням кількості елементів, насамперед заготовки та інструменту, застосування меншого кроку інтегрування та подальшого наближення моделювання процесу до реальних умов, зокрема введення карти додаткового контакту стружка–заготовка, використання точнішої САД – моделі інструменту з врахуванням реальних радіусів округлення кромки тощо точність збільшуватиметься.

Основною цінністю моделювання напружено-деформованого стану різальної частини свердла є те, що воно дає можливість виявляти ступінь напружень окремих частин різальної кромки, виявити проблемні зони і на основі цих даних розробляти шляхи удосконалення інструментів.

Висновки. Вперше доведено можливість удосконалення конструкції спірального свердла на основі напружено-деформованого стану його різальної частини, визначеного за допомогою 3-D моделювання процесу свердління.

Аналізуючи зони найбільших значень напружено-деформованого стану, можна означити шляхи удосконалення конструкції свердла та оцінити їх досконалість.

1. Родин П.Р. Геометрия режущей части спирального сверла // Техніка. – 1971. – 132 с.
2. LS-Dyna Keyword users manual volume 1 V960 2001 Livermore software corporation.
3. Криво-ручко Д.В. Основи 3D моделювання процесів механічної обробки методом скінченних елементів: навчальний посібник СумДУ, 2010. – 209 с.
4. Ковалева Л.И. Определение инструментальных параметров сверла с прерывистыми режущими кромками / Ковалева Л.И., Панчук В.Г., Бесарабец Ю.И. // Вестник НТУУ “КПИ” “Машиностроение”, Т.2. – К.: НТУУ. – №4. – С. 260–267.
5. Бесарабец Ю.И. Спиральные сверла с прерывистыми режущими кромками: дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01 защищена 22.10.2007 / Ю.И. Бесарабец. – К.: 2007. – С. 15–24.
6. Родин П.Р. Основы проектирования режущих инструментов: учебник / П.Р. Родин. – К.: Вища школа, 1990. – 424 с.
7. Равская Н.С. Загрузка режущей кромки сверла с прерывистыми режущими кромками / Н.С. Равская, Ю.И. Бесарабец // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем: зб. наук. пр. – Краматорськ: ДДМА. – 2005. – Вип. 17. – С. 3–6.
8. Мазур М.П. Основи теорії різання: підручник / М.П. Мазур, Ю.М. Внуков, В.Л. Доброскок, В.О. Залого, Ю.К. Новосолов, Ф.Я. Якубов. – Львів: Новий світ, 2010. – 422 с.
9. Vijayakumar Palani Finite element simulation of 3D Drilling in unidirectional CFRP composite University of Madras, India, 2006.
10. Gabriel Gârleanu, Victor Popovici Delia Gârleanu Delicia Arsene Modeling by finite element method “blind hole drilling” method World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS) Stevens Point, Wisconsin, USA 2010 table of contents.
10. Марочник сталей / под общ. ред. А.С. Зубченко. 2-е изд., доп. и испр. – М.: Машиностроение, 2003. – 784 с.