

3-D МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ СВЕРДЛІННЯ СКЛАДНОПРОФІЛЬНИМ ІНСТРУМЕНТОМ

*Оробченко А.П., аспірант; Бесарабець Ю.Й., к.т.н., доц.,
НТУУ «КПІ», м. Київ*

Створення моделей для 3-Д моделювання процесу свердління – це складна задача, яка потребує накопичення та аналізу фундаментальних знань з механіки твердого тіла, законів та явищ, що супроводжують процес різання та синтез цих знань в математичному програмному забезпеченні. Одним із таких ПЗ є програмний комплекс LS-Dyna, в основу якого закладений метод кінцевих елементів (МКЕ). В свою чергу використання цього методу ставить ряд викликів перед користувачем зумовлених, передусім, якістю і точністю отриманих результатів. Аналіз публікацій показав, що переважна кількість дослідників, які займаються 3-D моделюванням процесу свердління досліджують залишкові напруження в деталі, отриману стружку, розшарування в композиційних матеріалах, тощо. При такій постановці тіло інструмента розглядається як абсолютно жорстке. Це дозволяє суттєво прискорити час розв'язку задачі, однак унеможливує визначення напружено-деформованого стану (НДС) різальної частини, та сил різання. Побудова 3-D моделей з інструментом, що може деформуватися (elastic) для моделювання свердління розглядається в роботах [1,2], встановлено, що за допомогою методу кінцевих елементів (МКЕ) можна отримувати 3-D моделі з точністю результатів в межах 10 - 30%, однак отримані рекомендації щодо вибору тих чи інших параметрів кінцевоелементної моделі (КЕ-моделі), а саме кінцевих елементів (КЕ) розглянуті не в повній мірі і часто взаємовиключають одна іншу. В дослідженнях показано, що на точність моделей впливає ряд вхідних параметрів, які, достеменно не вивчені і, умовно, можна розділити на 3 групи: похибки, пов'язані з точністю передачі геометрії, точність численного розв'язання задачі та точність визначення фізико-механічних характеристик матеріалів і їх інтерпретація в моделях матеріалів. Як показують дослідження [1] при моделюванні процесу різання якість кінцевоелементної сітки в значній мірі впливає на точність результатів. Якість КЕ сітки характеризується типом, формою та розміром кінцевих елементів. Важливим фактором, що впливає на точність результатів є однорідність КЕ на САД-геометрії. Відомо два основних методи створення сітки: побудова довільної і упорядкованої сітки. Довільна сітка може бути побудована автоматично, при цьому сусідні елементи можуть істотно відрізнятися за розмірами та формою, зазвичай при такому підході отримуються тетраедричні 4-вузлові об'ємні кінцеві елементи. Перевагою цього методу є те, що такою сіткою можна описати будь які складні поверхні без суттєвої втрати геометрії. Упорядкована сітка будується шляхом поділу геометричних елементів моделі на деяку кількість частин певної геометричної форми, причому сусідні елементи мало відрізняються один від одного за формою. Цей підхід дає можливість отримати 8-вузлові об'ємні КЕ типу «брусок», однак для реалізації цього методу необхідні спеціальні алгоритми, наприклад, як Q-Morph, які не завжди працюють та мають ряд обмежень в застосуванні, особливо ці недоліки проявляються при роботі з геометрією тіл складної конструкції. Нажаль, в більшості випадків не вдається створити впорядковану сітку з «брусьових» елементів на САД - геометрії інструменту. Проблема побудови якісної КЕ-сітки особливо гостро постає при створенні моделі заготовки для моделювання процесу свердління комбінованим інструментом, наприклад, свердлом з рознесеними різальними кромками. Для розв'язання задачі заготовка

повинна повністю описувати профіль інструменту, на якому за допомогою відомих алгоритмів не можливо створити впорядковану сітку, з елементів, які підтримує LS-Dyna. Існують роботи [1] в яких стверджується, що у випадку великих пластичних деформацій тетраедричні кінцеві елементи призводять до значної втрати точності через так зване «об'ємне запирання KE» (volumetric locking), і тому їх не можна використовувати для розв'язання пружно-пластичних задач. З іншої сторони є дослідження [3] які показують, що при співвідношенні сторін KE близькому до 1:1:1 явища об'ємного запирання можливо уникнути і ці елементи можна використовувати.

В цій роботі було запропоновано вирішати задачу створення 3-D моделі для моделювання процесу свердління з застосуванням обох, вище зазначених варіантів KE-сітки. На рис. 1(а,б)



Рисунок 1а – Заготовка 1 з 8-ми вузлових кубічних елементів, осьовий переріз



Рисунок 1б – Заготовка 2 з 4 вузлових призматичних елементів, осьовий переріз

показані осьові перерізи заготовок з різними типами KE-сітки. Отримані результати обох моделей були порівняні з результатами натурних експериментів.

Перша заготовка складається з 2-ох тіл сумарно 837540 об'ємних 8-ми вузлових кубічних елементів типу брусок. Заготовка по другому варіанту має 1130964 призматичних елементів.

Список літератури

1 **Криворучко, Д.В.** Основи 3D моделювання процесів механічної обробки методом скінченних елементів: навчальний посібник СумДУ, 2010.

2 **Равська, Н.С.,** Криворучко Д.В., Оробченко А.П. / Удосконалення конструкцій різальної частини спірального свердла на основі 3-D моделювання її напружено-деформованого стану. Вісник національного університету «Львівська політехніка» №746, Львів – 2012.

3 **Zienkiewicz, O.C.,** Taylor, R.L., 2000. The Finite Element Method. 5th ed. Vol 1; Butterworth-Heinemann.

Оробченко, А.П. 3-D моделювання процесу свердління складнопрофільним інструментом [Текст] / А.П. Оробченко, Ю.Й. Бесарабець // *Машинобудування України очима молодих: прогресивні ідеї - наука - виробництво : тези доповідей XIV Всеукраїнської молодіжної науково-технічної конференції, м. Суми, 27-31 жовтня 2014 р.* / Відп. за вип. В.О. Залога. - Суми : СумДУ, 2014. - С. 68-69.