

УДК 621.7

## КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДОРНУВАННЯ ВНУТРІШНЬОГО ПРОФІЛЮ В ПРОГРАМНИХ КОМПЛЕКСАХ DEFORM I QFORM

Орлюк М.В, Лаврінєнков А.Д., Дубиніна Н.М.

НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

*Анотація.* В роботі за результатами комп'ютерного моделювання проведена оцінка ефективності застосування програмних комплексів Deform та Qform для прогнозування можливості виготовлення профілю на внутрішній поверхні трубчастої заготовки дорнуванням. Встановлено, що завдяки кращому модулю побудови сітки скінченних елементів точність результатів, отримана за результатами моделювання в Deform виявилась вищою.

*Ключові слова:* комп'ютерне моделювання, Deform, Qform.

В наш час існує багато способів отримання профілю на внутрішній поверхні трубчастих заготовок. Одним з них є процес дорнування. Дорнування – це вид обробки заготовок без зняття стружки, він дозволяє знизити витрати металу та кількість технологічних операцій. Сутність процесу дорнування полягає в переміщенні жорсткого робочого інструмента - дорна в отворі заготовки з натягом. В процесі обробки за рахунок натягу забезпечується зміцнення металу в поверхневому шарі, згладжування вихідної шорсткості, зміна форм і розмірів поперечного перерізу отвору і заготовки. Дорнуванням можна частково усунути овальність і конусність отвору. Цей метод проводиться без застосування поліруючих и доводочних матеріалів, а значить в zdeформовану поверхню не вдавлюються абразивні зерна [1]. Проте розробка технологічних процесів виготовлення внутрішніх профілів дорнуванням зазвичай потребує експериментального доопрацювання.

У той же час для дослідження складних процесів обробки металів тиском широко використовується комп'ютерне моделювання. Воно дозволяє скоротити час і витрати на відпрацювання технології виготовлення виробів та підготовку виробництва. Для моделювання процесів холодного об'ємного штампування зазвичай використовується програмний комплекс Deform 3D [2]. Крім того останнім часом все ширшого використання набуває комп'ютерне моделювання в середовищі Qform.

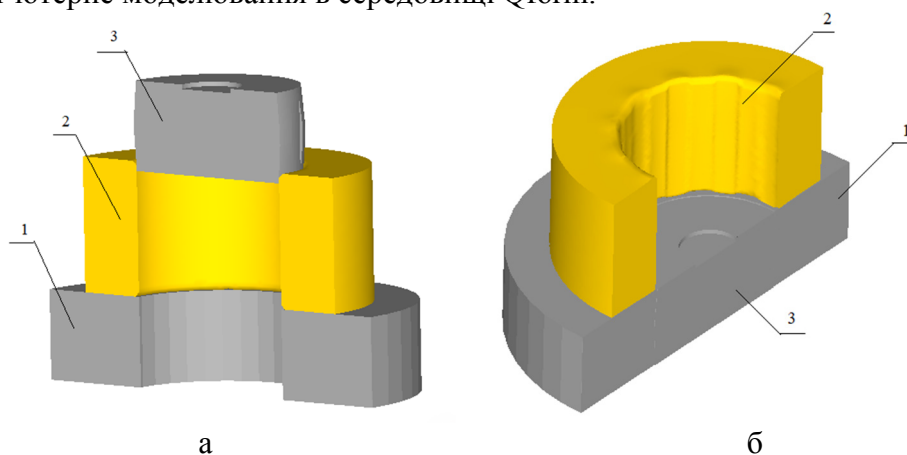


Рис. 1 - Схема дорнування внутрішнього профілю: а – початкове положення; б - кінцеве положення  
1 – опора; 2 – заготовка; 3 – дорн.

Для порівняння ефективності даних програмних комплексів в роботі було проведено моделювання процесу формоутворення нарізів дорнуванням на внутрішній поверхні трубчастої заготовки.

При чисельному експерименті були задані такі параметри:

- матеріал: сталь 40X, аналогом цієї сталі в Deform є AISI-5135H;
- тип матеріалу заготовки: пластичний;
- коефіцієнт тертя:  $\mu=0,1$  (за Кулоном);

- величина швидкості переміщення головного інструменту:  $V_0 = 2$  мм/сек

На рис. 1 показана схема дорнування внутрішнього профілю (в розрізі).

При моделюванні для оцінки якості заповнення профілю необхідно ущільнювати сітку у місці деформування. Як видно з рис. 2, Deform має кращий модуль управління побудовою сітки і дозволяє, на відміну від Qform, ущільнювати сітку локально, а не по усій поверхні деформування. Це дозволяє при незначному збільшенні часу моделювання отримати більш якісну картину утворення профілю.

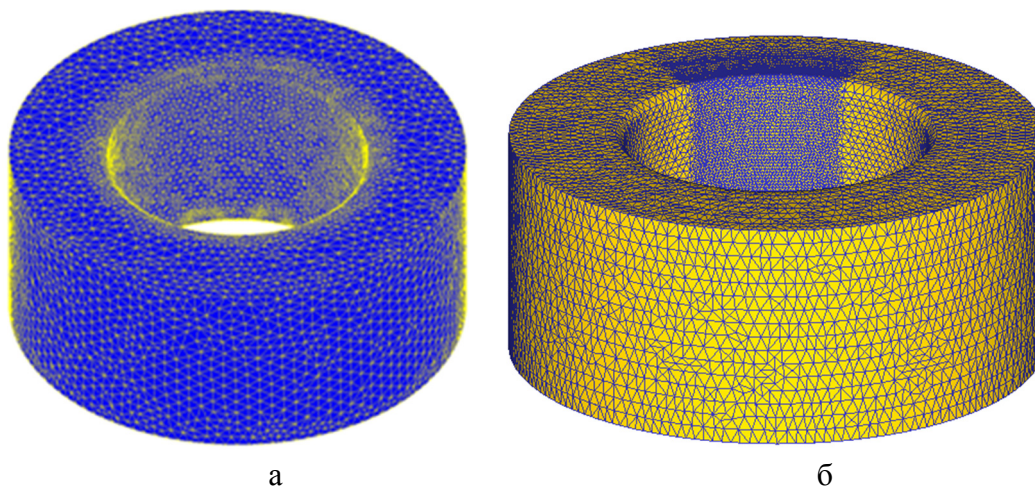


Рис. 2 - Будова сітки скінченних елементів у програмах: а – Qform, б – Deform.

В процесі моделювання в середовищі Qform сітка постійно перебудовувалась (програмно ущільнювалась у місці деформування), в Deform такого не спостерігалось. При цьому максимальне технологічне зусилля за результатами моделювання в Qform (10 т.с) виявилось практично у два рази меншим, ніж за результатами Deform (19,4 т.с), хоча характер зміни технологічного зусилля практично однаковий. Графіки зусиль представлені на рис.3

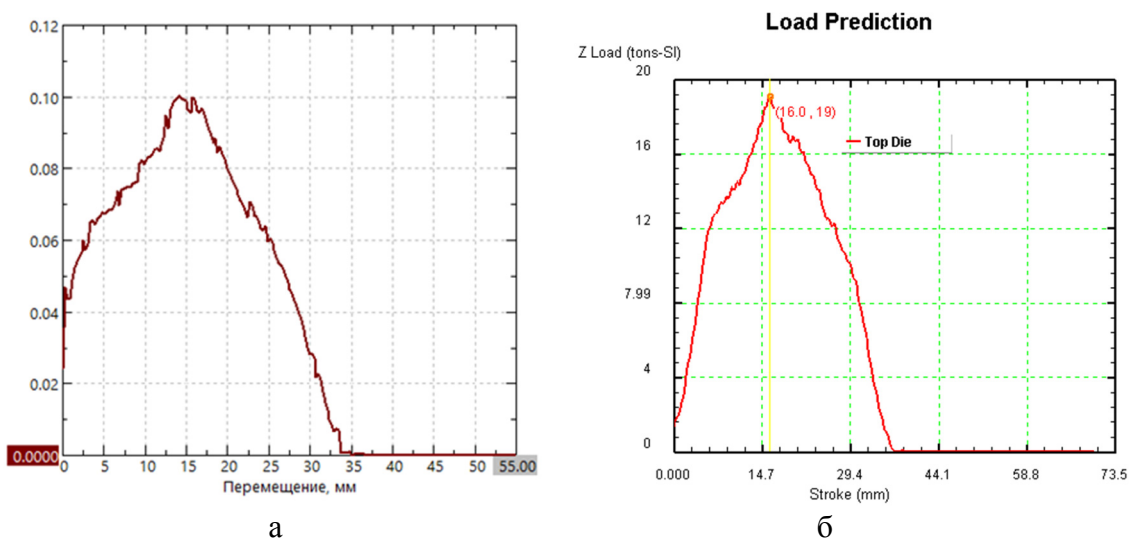


Рис. 3 - Графіки залежності зусилля від переміщення робочого інструменту: а – Qform, б – Deform.

З урахуванням того, що технологічні зусилля, отримані за результатами моделювання в Deform, мало відрізняються від зусиль у реальних процесах [3], менші значення розрахованого технологічного зусилля у Qform можна пояснити постійною перебудовою сітки, що негативно впливає на точність результатів.

На рис. 4 представлені результати щодо утворення профілю (в розрізі) в процесі дорнування.

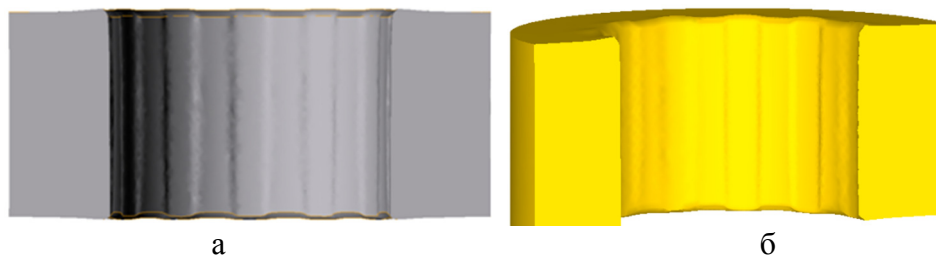


Рис. 4 - Результати утворення профілю: а – Qform, б – Deform

На рис. 5 можна помітити те, що в 2-х програмних комплексах матеріал не повністю заповнює робочий простір. Цю проблему можна вирішити збільшенням зовнішнього діаметра заготовки та певним зменшенням внутрішнього, або зміною схеми дорнування. Як можна помітити по середині виступу незаповненість в Qform становить близько 0,1 мм (рис.5а), в Deform - приблизно 0,13 мм (рис.5б) - тобто результати схожі, але в даному випадку про точність результатів моделювання можна буде судити тільки після порівняння з реальним виробом.

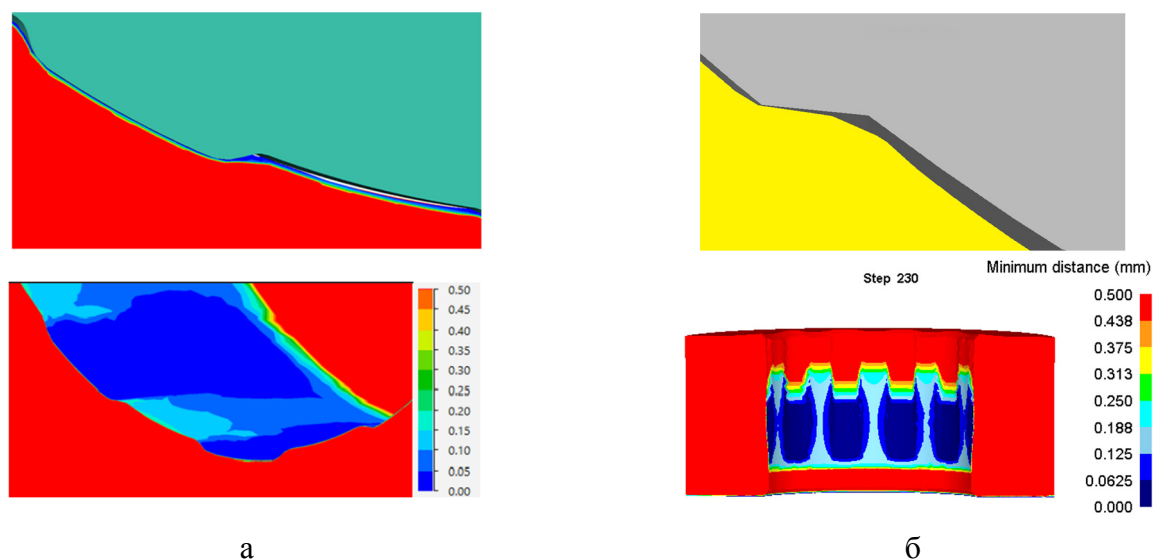


Рис. 5 – Заповнення профілю: а – Qform; б – Deform

**За результатами проведених досліджень можна зробити такі висновки:**

- під час моделювання програмний комплекс Qform при моделюванні процесу дорнування часто перебудовує сітку, що знижує точність отриманих результатів;
- програми Qform та Deform дозволяють прогнозувати отримання потрібної геометрії і вносити необхідні корективи в технологічні параметри процесу, що дозволяє зменшити витрати на відпрацювання технологічного процесу дорнування.

**Список літератури:**

1. Ю.Г.Проскураков Дорнование отверстий : Урало - Сибирское отделение МАШГИЗА – С.3
2. Deform-3D – мощная система моделирования технологических процессов [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <http://www.thesis.com.ru/software/deform>.
3. Орлюк М.В. Определение предельных степеней деформаций при компьютерном моделировании процесса вытяжки / Стеблюк В.И., Орлюк М.В., Холявик О.В., Сопруненко В.Р. // Scientific proceedings III international scientific congress “Innovations”. - Varna, Bulgaria. - 2017. - № 1. - S. 233-236.