

УДК 621.979.134

М.В. Орлюк¹, к.т.н., доц., О.В. Холявік¹, ас., Д.М. Савченко¹, аспірант, К. Лукасик², д-р
 1 - НТУ України „Київський політехнічний інститут“, м.Київ, Україна
 2 - Люблінська політехніка, м.Люблін, Польща

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИТЯГУВАННЯ ПРЯМОКУТНИХ КОРОБЧАСТИХ ВИРОБІВ У СЕРЕДОВИЩІ DEFORM-3D

Рассмотрена вытяжка пустотелых изделий, которые не имеют осевой симметрии. Представлены результаты математического моделирования процесса вытяжки прямоугольных изделий. На основании моделирования проведено анализ оптимальности заготовок прямоугольных коробчатых изделий, рассчитанных разными методами. Показано, что заготовки рассчитанные методом потенциала являются оптимальными.

The extract of hollow products, which have no axial symmetry, is considered. Results of mathematical modeling of process of an extract of rectangular products are presented. On the basis of modeling it is lead the analysis of an optimality of preparations of the box-shaped products calculated by different methods. It is shown, that preparations calculated by a method of potentials are optimum.

Моделювання “зворотного” витягування течією ідеальної або в'язкої рідини дає достатньо адекватне уявлення про форму заготовки і процес витягування порожнистих виробів коробчатої форми із листового металу [1, 2]. Виходячи з цього можна було б підібрати кусочно-розривне поле швидкостей, що в першому наближенні описує процес витягування вказаних виробів і скористатися прямими варіаційними методами для розрахунку уточненого поля швидкостей і параметрів напружено-деформованого стану аналітичними методами. Ефективність методу довів у своїх роботах Г.А. Гун [3, 4]. Однак аналітичні залежності в цьому випадку виявляються дуже складні і за ними приховується фізична сутність процесу, а алгоритмізація і програмування з метою застосування комп'ютерних технологій для моделювання виробничих процесів потребують в кожному конкретному випадку окремого підходу, тобто не являються універсальними.

Метою роботи є визначення ефективності моделювання процесів формоутворення деталей методами листового штампування і оцінки якості отриманих виробів. Даний програмний продукт відноситься до чисельних методів аналізу процесів пластичного деформування і течії на основі методу скінчених елементів (МСЕ), який має відомі переваги порівняно з аналітичними методами розрахунку.

На сьогоднішній день на ринку комп'ютерних продуктів існує значна кількість подібних програм. Однак, більшість із них орієнтовані на визначення параметрів напружено-деформованого стану пружного, пружно-в'язкого чи пружно-пластичного середовища. Лише в деяких з них розглядаються питання великих пластичних деформацій і пластичної течії з точки зору формоутворення стосовно операцій обробки матеріалів тиском. До останніх належить пакет програмних засобів DEFORM-3D Version 6.1 створеної фірмою Scientific Forming Technologies Corporation.

Характерною особливістю програмного продукту є те, що він орієнтований на аналіз виробничих процесів обробки металів тиском, включаючи процеси термічної та хіміко-термічної обробки (зокрема, цементації).

DEFORM-3D має модульну структуру і може використовуватись для моделювання як 2- так і 3-вимірних процесів холодної, теплої і гарячої деформації, моделювання ефектів термообробки, зокрема загартування, структурних (фазових) перетворень, накопичення пошкоджень, появи та розповсюдження тріщин руйнування, що дозволяє крім пластичного формозмінення моделювати процеси різання, вирубування, пробивання. При комп'ютерному моделюванні виробничих процесів DEFORM-3D надає конструкторам та технологам такі можливості:

- зменшити фінансові та матеріальні затрати на підготовку і відлагодження виробництва;
- вдосконалити технологічне оснащення без додаткових виробничих затрат;
- скоротити терміни підготовки виробництва і поставок товарів на ринок.

На відміну від поширених пакетів DEFORM-3D має дружній користувачеві графічний інтерфейс, що дозволяє легко підготувати і проаналізувати дані, чим надає можливість інженеру зосередитись на процесі формоутворення, а не на вивченні складних комп'ютерних програм. Ключові компоненти моделювання повністю автоматизовані і оптимізовані



Рис. 1. Алгоритм розрахунку координат еквіпотенціальної лінії

та націлені на проблеми великих пластичних деформацій і процесів, що їх супроводжують.

На підставі сказаного можна визначити такі можливості DEFORM-3D при моделюванні процесів ОМТ:

- 1) одночасне моделювання деформацій і теплопровідності дозволяє досліджувати комп'ютерними методами процеси холодного, теплого і гарячого штампування;
- 2) широка база даних матеріалів дозволяє моделювати деформування практично всіх металів і сплавів на основі заліза, алюмінію, титану та спеціальних сплавів;
- 3) зручний інтерфейс дає можливість просто додавати, в разі потреби, в базу даних нові матеріали, зокрема:
 - а) труднодеформівні матеріали з високими пружними властивостями;
 - б) матеріали з пружно-пластичними і термо-в'язкопластичними властивостями, що дозволяють визначити зпружинення та ефекти післядії;
 - в) пористі матеріали для моделювання формоутворення виробів із порошкових матеріалів;
 - г) можливість врахування особливостей деформування на обладнанні різних типів (кривошипних, гідравлічних, гвинтових пресів та молотів) на основі вибору параметрів, закладених в базу даних;
 - д) одержувати інформацію про течію матеріалів, заповнення гравюр штампів та виникаючих в них напружень;
 - е) відображати лінії току, траєкторії плинину часток матеріалу, графіки температури, напружень, деформацій;
 - є) враховувати та визначати умови на контактній поверхні;
 - ж) відображати зародження та розповсюдження тріщин в результаті накопичення пошкоджень структури.

Координати точок_Квадрат_100X100_Відносно висока коробка_1 - Блокнот				
Файл	Правка	Формат	Вид	Справка
49.5	-85.91432781697262	-49.5	85.91432781697262	
47.25	-89.05654322022734	-47.25	89.05654322022734	
45	-91.91052352958143	-45	91.91052352958143	
42.75	-94.52061248324627	-42.75	94.52061248324627	
40.5	-96.91808825479106	-40.5	96.91808825479106	
38.25	-99.12611006566866	-38.25	99.12611006566866	
36	-101.1622379372875	-36	101.1622379372875	
33.75	-103.0401615521077	-33.75	103.0401615521077	
31.5	-104.7706443799369	-31.5	104.7706443799369	
29.25	-106.3622055791674	-29.25	106.3622055791674	
27	-107.8216263141702	-27	107.8216263141702	
24.75	-109.1542340563516	-24.75	109.1542340563516	
22.5	-110.364188359573	-22.5	110.364188359573	
20.25	-111.4546362640615	-20.25	111.4546362640615	
18	-112.4278749344555	-18	112.4278749344555	
15.75	-113.2854805914043	-15.75	113.2854805914043	

Рис. 2. Вид текстового файлу з записаними в ньому координатами точок

Такий далеко не повний перелік можливостей DEFORM-3D дозволяє адекватно моделювати реальні процеси обробки металів тиском, а зручний інтерфейс дозволяє вводити необхідні залежності між напруженнями пластичної течії, ступенем і швидкістю деформації і температурою.

Ефективність застосування пакету DEFORM-3D для визначення раціонального процесу глибокого витягування коробчастих виробів, в значній мірі залежить від відповідності форми і розмірів заготовки, а також проміжних переходів, оптимальним для заданих параметрів деталі. Відомо, що на сьогодні розміри і форми заготовки і проміжних переходів визначаються на основі емпіричних даних [5-7] і не завжди являється оптимальним з точки зору кількості переходів, матеріалоємності та енергозатрат.

Нами запропонований метод розрахунку форми і розмірів заготовок та переходів для витягування коробчастих виробів методом потенціалу швидкостей ідеальної рідини при так званому “зворотному” витягуванні [8, 9]. Можливість такого підходу була підтверджена експериментами на спеціальному пристрої, що моделює “обернений” процес витягування [2, 10]. Для визначення потенціалу швидкості в одній з точок, що лежить на контурі вихідної заготовки на лініях розриву на контурі матриці встановлюються витоки, що є джерелом ідеальної нестисаної рідини з відомим розходом та напрямом швидкості [8]. Алгоритм розрахунку координат еквіпотенціальної лінії, що є контуром оптимальної заготовки, наведено на Рис. 1.

Заклавши координати витоків і початкових точок у нашу програму, яка складена на основі викладеного вище алгоритму, ми можемо отримати координати еквіпотенціалей, а значить і координати точок оптимального контуру заготовки для коробчастої деталі, розміри якої і закладені у початкових умовах у програмі. Саме ці координати точок оптимального контуру заготовки прямокутної коробки нам і потрібні для моделювання витягування вже у “прямому” напрямку за допомогою DEFORM-3D. У відповідному форматі ми можемо їх використати для моделювання у обраному нами програмному засобі МСЕ. Вид експортованих та представлених у потрібному для моделювання в середовищі DEFORM-3D початкових даних показано на Рис. 2.

Для підтвердження можливості прогнозування якості виробів в процесах деформування наведемо моделювання за допомогою пакету DEFORM-3D процесу витягування прямокутних коробчастих виробів. Для порівняння отриманих результатів було проведено моделювання процесу витягування із заготовок і переходів, розрахованих методом потенціалу швидкостей ідеальної рідини (Рис. 3.), та заготовок і переходів, розрахованих методом [5] (Рис. 4).

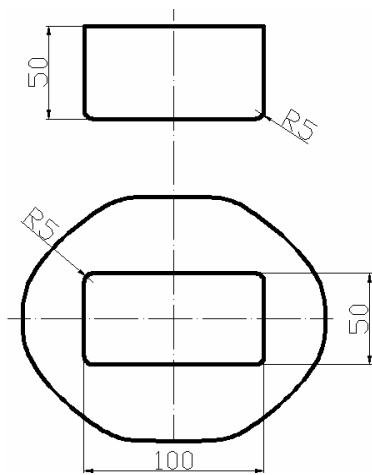


Рис. 3. Заготовка, отримана за допомогою методу потенціалу

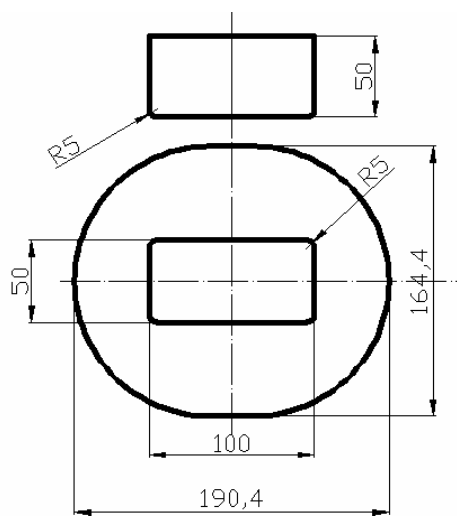
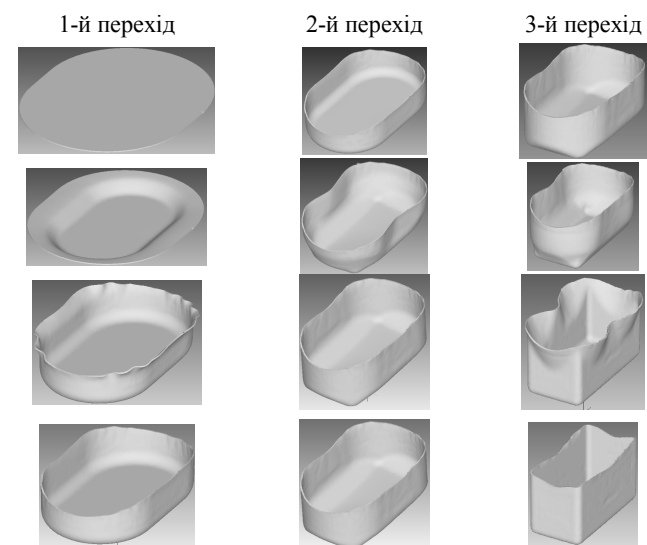
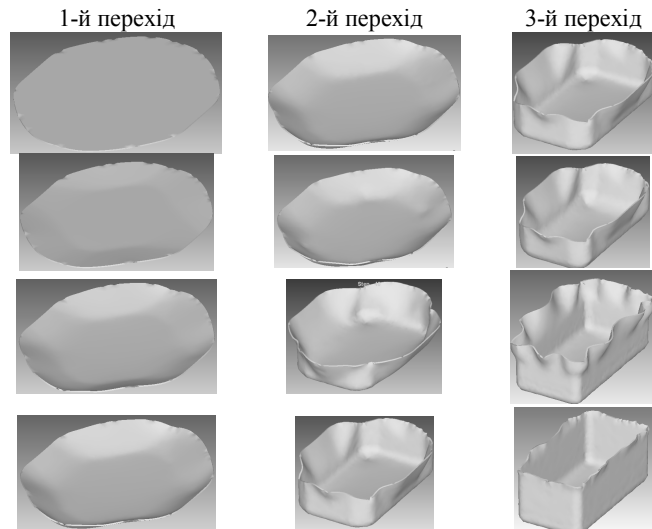


Рис. 4. Заготовка, отримана за допомогою [5]



Висновки Пакет DEFORM-3D цілком придатний для моделювання, проектування, перевірки та вдосконалення технологічних операцій обробки металів тиском, зокрема операцій листового штампування.

Список літератури

1. Стеблюк В.І., Холявік О.В., Побудова контуру заготовки коробчастої деталі методом потенціалу, Наукові праці ДонНТУ. Металургія. Випуск 10 (141) / Редкол.: Башков Є.О. (голова) та інш.-Донецьк, ДонНТУ, 2008. - С. 205-210.
2. Вишневецький П.С., Добровлянський С.М., Холявік О.В. "Експериментальна установка для моделювання процесу витягування із листового металу порожнистих виробів коробчастої форми", Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні. Тематичний збірник наукових праць, Краматорськ, 2007 – 538 с.
3. Пластическое формоизменение металлов; Гун Т.Я., Полухин П.И., Полухин В.П. та ін. – М.: Издательство «Металлургия», 1968. - 420 с.
4. Гун Г.Я. Теоретические основы обработки металлов давлением (теория пластичности)/Г.Я. Гун. – М: Metallurgiya, 1980–456с
5. Романовский В.П., Справочник по холодной штамповке, - Л: Машиностроение, 1979.
6. Руководящий технический материал. РТМ 34-65. Штампы для холодной листовой штамповки. Расчеты и конструирование, - М: ВНИИНМАШ, Издательство стандартов, 1966.
7. Вайнтрауб Д.А., Технологические расчеты при вытяжке высоких прямоугольных деталей. – Л: Ленинградский дом научно-технической пропаганды, 1969.
8. Стеблюк В.І., Холявік О.В., Азарх І.П., "Розвиток аналітичних методів розрахунку розмірів та форми заготовок і переходів при витягуванні коробчастих виробів із листового металу", Вестник Национального технического университета Украины „Киевский политехнический институт” Вып. 50, 2007 г.
9. Стеблюк В.І., Холявік О.В., "Математична модель процесу витягування порожнистих виробів коробчастої форми", Вестник Национального технического университета Украины „Киевский политехнический институт” Вып. 46, 2005 г.
10. №14709 Україна. Пристрій для визначення форми і розмірів заготовки для витяжки деталей складної форми: №14709 Україна, МПК В21D 22/20. О.В. Холявік, В.І. Стеблюк, М.С. Тривайло, П.С. Вишневецький, С.М. Добровлянський, І.П. Азарх; НТУУ "КПІ". – Заявл. 25.12.2007, Опубл. 29.01.2008 - 4 с.