

УДК 621.979.134

Стеблюк В. І.
Холявік О. В.
Лукастик К.
Орлюк М. В.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИТЯГУВАННЯ ПОРОЖНИСТИХ ВИРОБІВ У СЕРЕДОВИЩІ «DEFORM-3D»

Моделювання зворотного витягування течією ідеальної або в'язкої рідини дає достатньо адекватне уявлення про форму заготовки і процес витягування порожнистих виробів коробчастої 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», створених 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:

- а) зменшити фінансові та матеріальні затрати на підготовку і відлагодження виробництва;
- б) вдосконалювати технологічне оснащення без додаткових виробничих затрат;
- в) 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 та націлені на проблеми великих пластичних деформацій і процесів, що їх супроводжують.

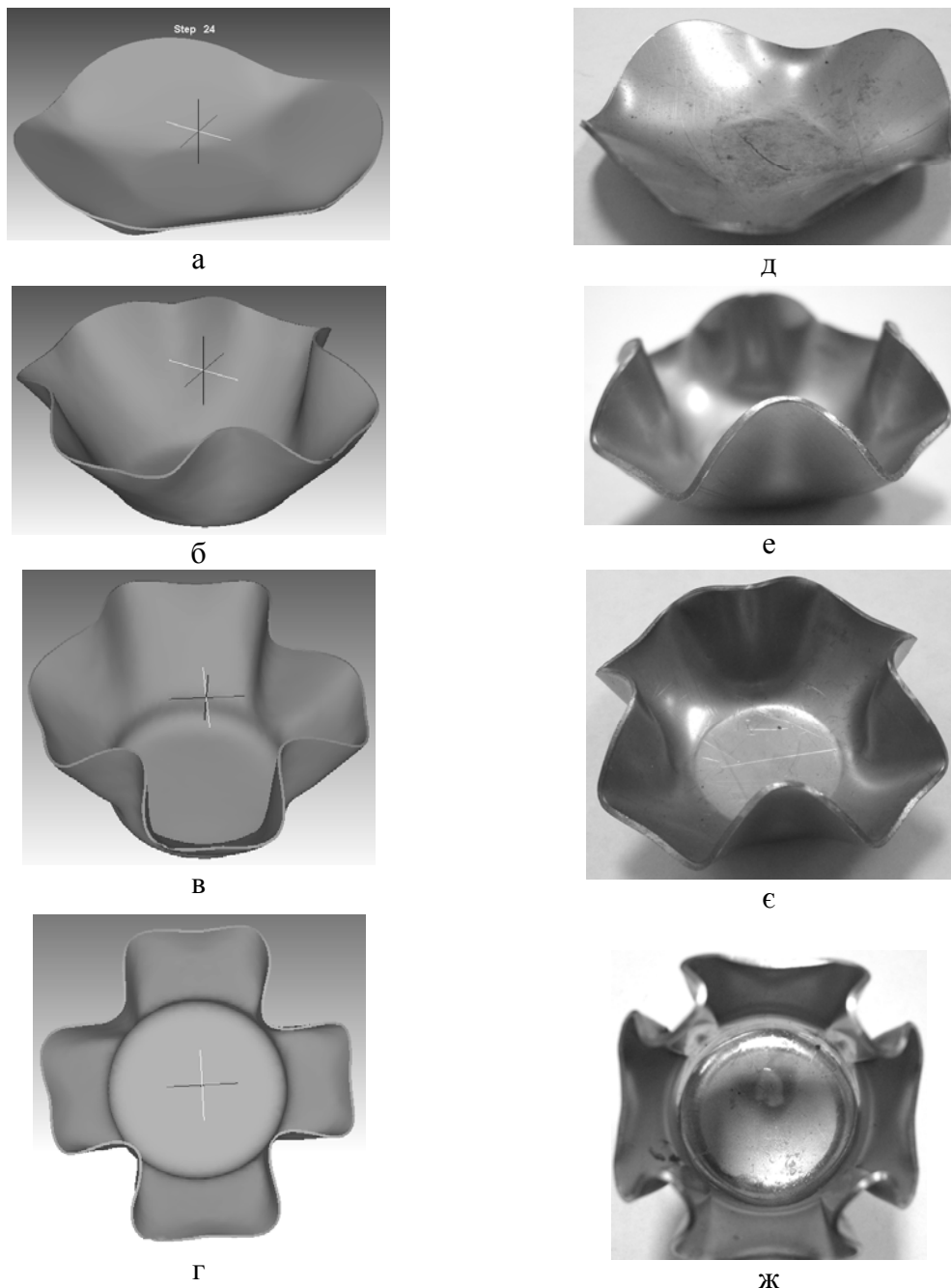


Рис. 1. Етапи комп'ютерного моделювання процесу витягування порожнистої деталі та порівняльні зображення проведеного експерименту:
а–г – комп'ютерне моделювання; д–ж – експериментальне моделювання

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 термов'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) відобразити лінії току, траєкторії плинучості часток матеріалу, графіки температури, напружень, деформацій;

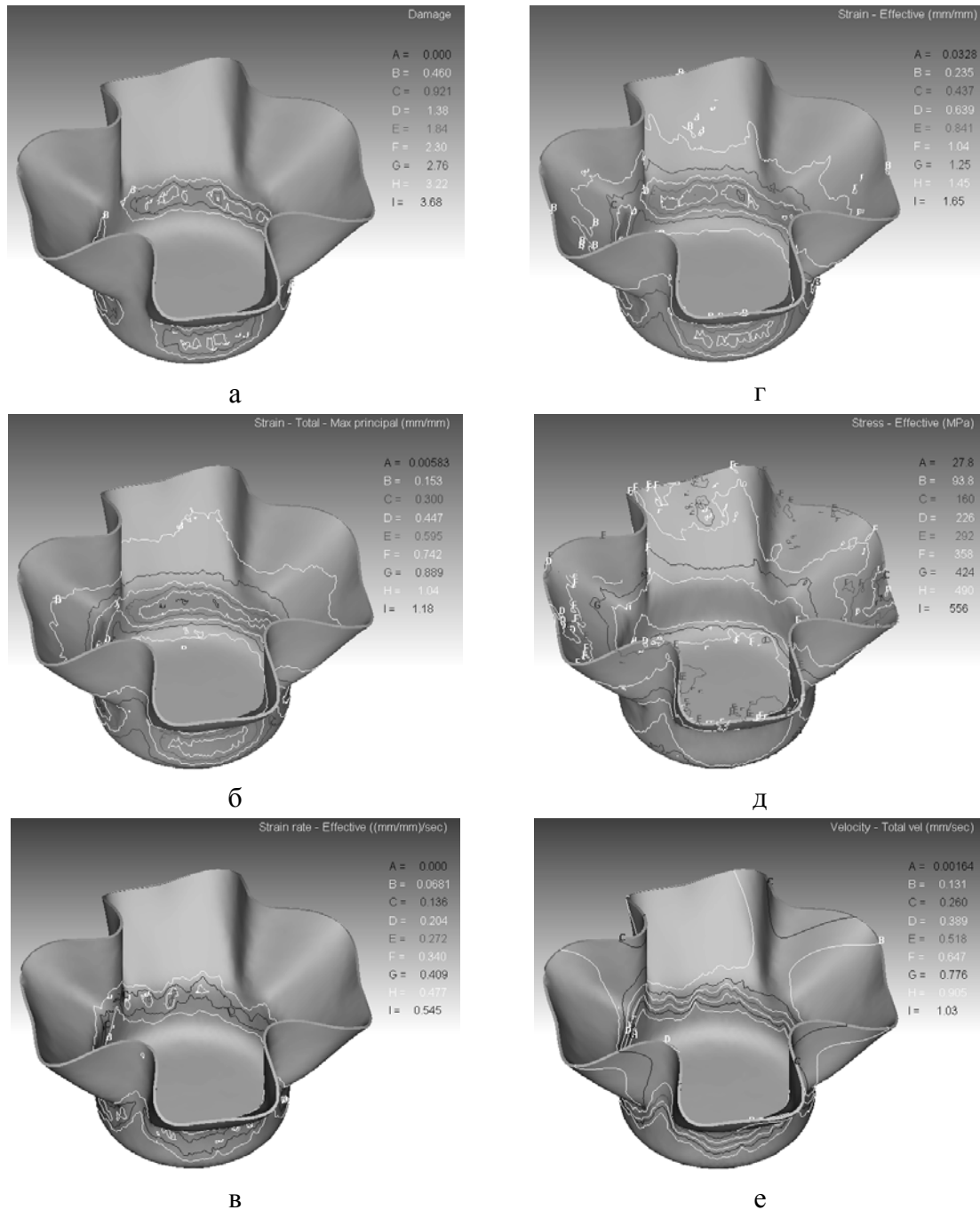


Рис. 2. Розподіл параметрів напружено-деформованого стану:

а – накопичення пошкоджень (критерію руйнування); б – сумарної деформації; в – швидкості еквівалентних деформацій; г – еквівалентних деформацій; д – напружень; е – швидкості

є) враховувати та визначати умови на контактній поверхні;

ж) відображати зародження та розповсюдження тріщин в результаті накопичення пошкоджень структури.

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.

Для підтвердження можливості прогнозування якості виробів в процесах деформування наведемо моделювання за допомогою пакету «Deform-3D» процесу витягування. Для порівняння отриманих результатів моделювання було проведено процес витягування у лабораторних умовах на гідравлічному пресі ПД-476 зусиллям 1600 кН у конусну матрицю без притискувача. Порівняльні результати моделювання та натурального експерименту наведені на рис. 1.

Так на рис. 1, а–г представлені етапи моделювання процесу витягування циліндричної деталі середньої висоти. Даний пакет дозволяє прослідкувати динаміку зміни параметрів напружено-деформованого стану (рис. 2). На рисунках видно як втрачає стійкість заготовка (рис. 1, а–г) та простежується утворення гофр. В той же час на рис. 1, д–ж. показані фотографії, які підтверджують результати комп'ютерного моделювання. На рис. 2 показано розподіл параметрів напружено-деформованого стану: накопичення пошкоджень (критерію руйнування), сумарної деформації, швидкості еквівалентних деформацій, еквівалентних деформацій, напружень, швидкості.

ВИСНОВКИ

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

ЛІТЕРАТУРА

1. Стеблюк В. И. Побудова контуру заготовки коробчастої деталі методом потенціалу / В. И. Стеблюк, О. В. Холявік ; редкол. Башков Є. О. (голова) та ін. // Наукові праці ДонНТУ. Металургія. – Донецьк, ДонНТУ, 2008. – Випуск 10 (141). – С. 205–210.
2. Вишневецький П. С. Експериментальна установка для моделювання процесу витягування із листового металу порожнистих виробів коробчастої форми / П. С. Вишневецький, С. М. Добровлянський, О. В. Холявік // 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. : Металлургия, 1968. – 420 с.
4. Гунн Г. Я. Теоретические основы обработки металлов давлением (теория пластичности) / Г. Я. Гун. – М. : Metallurgiya, 1980. – 456 с.

Стеблюк В. І. – д-р техн. наук, проф. НТУУ «КПІ»;

Холявік О. В. – асистент НТУУ «КПІ»;

Лукашук К. – д-р техн. наук, проф., Люблінська політехніка, м. Любляна, Польща.

Орлюк М. В. – канд. техн. наук, доц. НТУУ «КПІ».

НТУУ «КПІ» – Національний технічний університет України «Київський Політехнічний Інститут», м. Київ.

E-mail: k_OMD@ukr.net