

Ю.В. САВИЦЬКИЙ, О.А. ГОРДЕЄВ

Хмельницький національний університет

## ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ГЛИБОКОГО ХОЛОДНОГО ВИДАВЛЮВАННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ТОЧНИХ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ ТИПУ «СТАКАН». ЧАСТИНА 2

У роботі розглянуті методи комп'ютерного моделювання процесу холодного видавлювання металів на основі програмного продукту DEFORM-3D. Розроблена комп'ютерна модель імітації процесу холодного штампування, яка дає змогу прогнозувати працездатність штампової оснастки в імітаційному режимі без застосування високовартісних методів натурних досліджень штампів. Запропонована конфігурація заготовки була проаналізована в DEFORM-3D під час імітації процесу холодного видавлювання. В результаті комп'ютерного моделювання з'ясувалося, що максимальне зусилля, яке виникає в запропонованій заготовці, менше, процес перетікання металу проходить більш плавно та з меншими навантаженням порівняно із заготовкою по технологічному процесу. В ході порівняння отриманих результатів досліджень отримані висновки про те, що зміна форми заготовки покращує роботу штампа, а саме зменшує навантаження на робочий інструмент, що забезпечує належну роботу штампа та усуває поломку робочого інструмента пуансона.

Ключові слова: штампування, деформації, холодне видавлювання, DEFORM-3D, моделювання.

Y.V. SAVITSKY, O.A. HORDEEV

Khmelnyskyi National University

### USE OF DEFINITIONAL COLD PRESSURE TECHNOLOGY TO OBTAIN ACCURATE BLENDS OF DETAILS OF TYPE OF GLASS. PART 2

The methods of computer modelling of cold extrusion of metal based on DEFORM-3D software are considered. A computer model for simulating cold stamping was developed to predict the workability of stamping equipment in simulation mode without the use of high-quality methods of full-blown stamp studies. The proposed work piece configuration was analysed in DEFORM-3D by simulating the cold extrusion process. As a result of computer simulation, it has been found that the maximum effort that occurs in the proposed work piece is less, the process of metal flow is smoother and with less workload than the work piece process. When comparing the results of the studies, we conclude that changing the shape of the work piece improves the work of the stamp, namely, reduces the load on the work tool, which ensures the proper work of the die and eliminates the breakage of the working tool punches. A real-life example of manufacturing detail is a computer simulation technique that helps reduce manufacturing costs by simulating the process.

Keywords: stamping, deformation, cold extrusion, DEFORM-3D, modelling.

#### Постановка проблеми

DEFORM-3D є системою скінченно елементного моделювання, яка призначена для аналізу тривимірного (3D) перетікання металу під час різних процесів обробки металів тиском. DEFORM-3D – практичний і ефективний інструмент, який дозволяє прогнозувати характер формування в ході операцій обробки металів тиском без витрат на експериментальне дослідження [1]. Операції моделювання, доступні в DEFORM-3D: кування; видавлювання; протягування; механообробка; висаджування; пресування; прокатування; витягування; осаджування. Заснований на методі скінчених елементів, програмний продукт DEFORM-3D довів свою ефективність і точність більше ніж двадцятилітнім застосуванням на різних підприємствах. Потужний вирішувач системи може аналізувати перетікання металу і температурні показники заготовки та інструменту під час деформацій будь-якої величини з дуже високою точністю.

Автоматичний генератор сіток дозволяє побудувати сітку скінчених елементів, розміри яких в різних частинах моделі будуть розрізнятися залежно від специфіки аналізованого процесу. Це суттєво зменшує загальну розмірність задачі і вимог до апаратних засобів. Крім того, користувач системи DEFORM-3D має можливість в “ручному” режимі налаштовувати сітки і співвідношення режимів скінчених елементів [2]. Не дивлячись на те, що DEFORM-3D дозволяє моделювати дуже складні процеси, інтерфейс цієї системи простий і легкий в освоєнні, дозволяє будувати геометричні моделі заготовок та інструменту.

За допомогою системи DEFORM-3D можна моделювати роздільні операції і механічну обробку. DEFORM-3D широко застосовується у виробництві і науково-дослідницькій діяльності по всьому світу.

Розробку і технічну підтримку системи DEFORM-3D здійснила фірма Scientific Forming Technologies Corporation (SFTC), протягом багатьох років, фірма займалась впровадженням засобів моделювання технологічних процесів у виробництво.

#### Виклад основного матеріалу

Працездатність штампа можливо дослідити за допомогою спеціалізованого програмного продукту DEFORM-3D. Для дослідження в DEFORM-3D необхідно створити за допомогою іншого програмного продукту 3D модель. В даному випадку було використано програмний продукт Siemens NX 9.0, який є потужним комплексом для моделювання та написання програм для верстатів з ЧПУ.

На рис. 1 та рис. 2 зображено 3D модель пуансона та матриці в зборі.

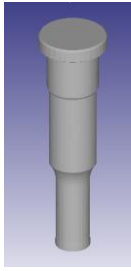


Рис. 1. 3D модель пуансона

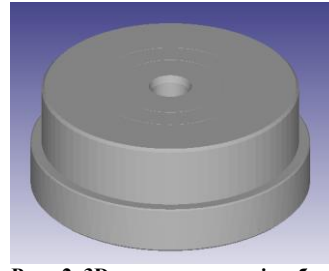


Рис. 2. 3D модель матриці в зборі

Після того як моделі створені, завантажується програмний продукт, створюється нова задача та відповідно завантажуються моделі. При роботі в DEFORM-3D потрібно задати необхідні параметри, деякі з них: пластичність матеріалу заготовки; матеріал заготовки; твердість матеріалу робочого інструменту; співвідношення заготовки відносно робочого інструменту; вказати головний інструмент; напрям руху інструменту; робочий хід інструменту; компенсація об'єму заготовки; розміри сітки.

Після завдання всіх параметрів запускається процес обробки даних, який займає певний час. Після обробки даних програмою є можливість завантажити постпроцесор та побачити рух інструменту та деформацію заготовки, також за отриманими результатами у вигляді графіків побачити поведінку матеріалу.

Базуючись на попередньому аналізі процесу холодного видавлювання [3, 4] для зменшення зусилля обробки було запропоновано ввести додаткову операцію обробки заготовки, яка змінить форму заготовки (рис. 3). Після додаткової операції заготовку встановили на штамп.

Порівняльні результати аналізу працездатності штампа за допомогою DEFORM-3D представлені в вигляді порівняння видавлювання двох заготовок: зліва – використання заготовки заводської форми, справа – використання заготовки запропонованої форми (рис. 3).

Діаграму зусиль, які виникають в заготовці під час обробки, зображено на рис. 4.

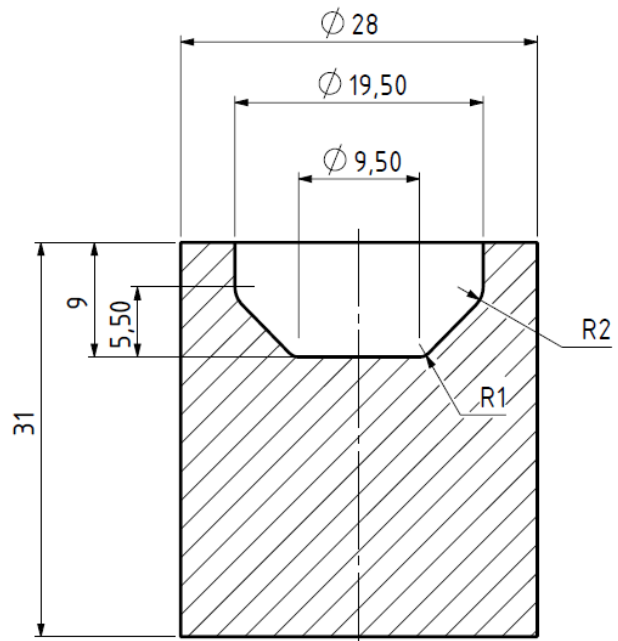


Рис. 3. Креслення запропонованої заготовки

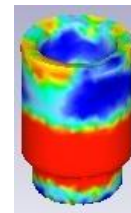
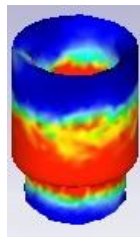


Рис. 4. Діаграма зусиль, які виникають в заготовці під час обробки

Залежність навантаження прикладеної сили пуансона на заготовку від часу зображено на рис. 5.

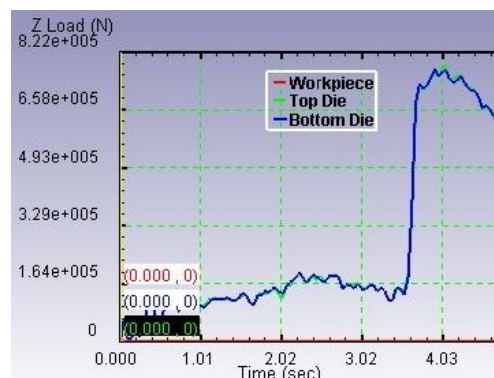
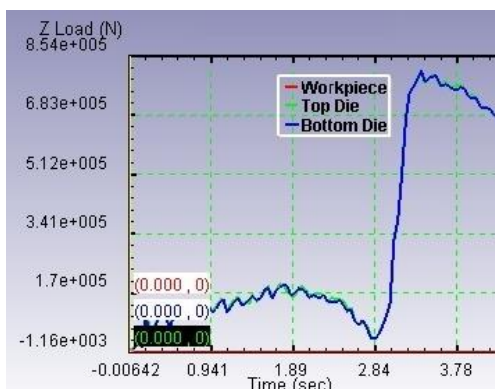


Рис. 5. Графічна залежність прикладеної сили пуансона на заготовку від часу

Залежність середньоістинного навантаження пуансона на заготовку від часу зображено на рис. 6.

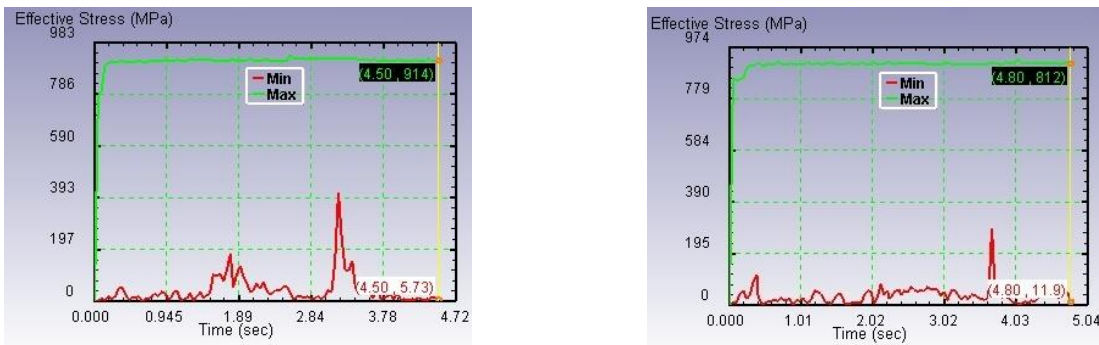


Рис. 6. Графічна залежність середньоістинного навантаження пуансона на заготовку від часу

Залежність середнього напруження в заготовці від часу зображено на рис. 7.

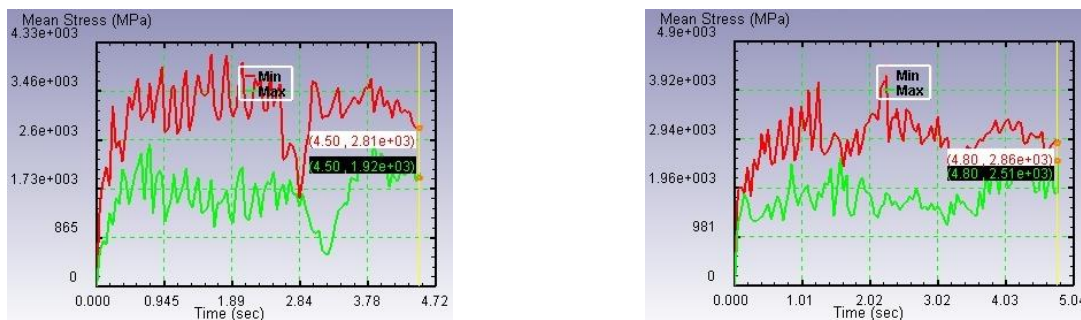


Рис. 7. Графічна залежність середнього напруження в заготовці від часу

Залежності максимального головного напруження в заготовці від часу зображено на рис. 8.

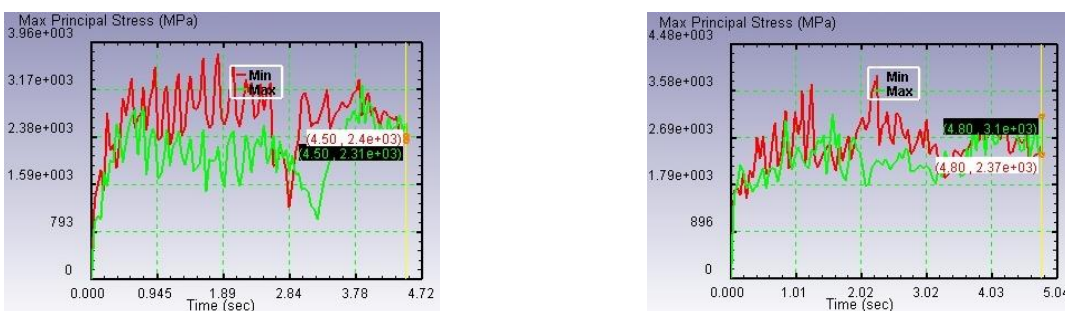


Рис. 8. Графічне зображення залежності максимального головного напруження в заготовці від часу

За отриманими результатами в DEFORM-3D є можливість виконати дослідження навантаження на інструмент, а саме на пуансон за допомогою SolidWorks Simulation. За допомогою DEFORM-3D отримані навантаження на заготовку, які мають такі максимальні значення: для заготовки по технологічному процесу – 936 МПа; для запропонованої заготовки – 860 МПа. Ці значення навантажень і слугуватимуть даними для обробки в Solid Works Simulation. Отримані результати: в лівій стороні рисунка представлені результати для заготовки по технологічному процесу, а в правій – для запропонованої заготовки. Діаграма напруження зображена на рис. 9. Після проведених досліджень за допомогою спеціалізованих програмних продуктів, таких як DEFORM-3D та Solid Works Simulation, отримані результати розрахунків, за допомогою яких можна зробити порівняльні висновки.

**Порівняння результатів отриманих в DEFORM-3D**

З перших отриманих діаграм зусиль, які виникають в заготовці під час обробки (рис. 4), видно, що у запропонованому варіанті максимальне зусилля, яке виникає в заготовці, менше на 936-860=76 МПа. Під час порівняння графічних залежностей прикладеної сили пуансона на заготовку від часу (рис. 5) помітно, що процес перетікання металу є більш помірним в запропонованому варіанті [5]. По третьому результату залежності середньоістинного навантаження пуансона на заготовку від часу (рис. 6) свідчать, що процес проходить більш плавно та з меншим навантаженням. З графічної залежності напруження в заготовці від часу (рис. 7) видно, що процес проходить краще в запропонованому варіанті з меншим навантаженням. При порівнянні зображень залежності максимального головного напруження в заготовці від часу (рис. 8) максимальне навантаження в запропонованому варіанті заготовки менше ніж в заготовці по технологічному процесу та процес перетікання металу в запропонованій заготовці проходить більш помірніше, без великих перепадів [6, 7].

**Порівняння результатів отриманих в Solid Works Simulation**

В Solid Works Simulation було досліджено пуансон, так як він несе найбільше навантаження. За допомогою отриманих результатів в DEFORM-3D ми провели порівняння, які дали відповідні результати.

Після порівняння видно, що напруження в пуансоні (рис. 9) під час обробки заготовки відповідно до технологічного процесу більші ніж під час обробки по запропонованому процесу (von Mises 8133505 та 8031583). Порівняння діаграм переміщень показали, що в ході обробки запропонованої заготовки переміщення менші (URES 3,205 та 2,950). Деформація пуансона при змінній заготовці зменшується (ESTRN 3,082 та 2,883).

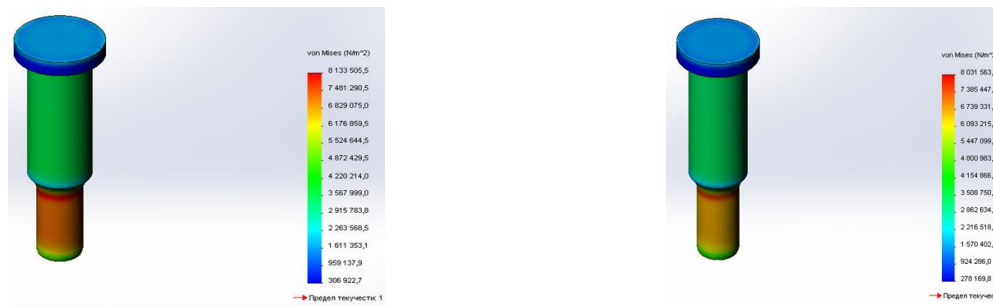


Рис. 9. Діаграма напруження

### Висновки

У роботі були розглянуті методи комп'ютерного моделювання процесу холодного видавлювання металів на основі програмного продукту DEFORM-3D. Розроблена комп'ютерна модель імітації процесу холодного штампування, яка дає змогу прогнозувати працездатність штампової оснастки в імітаційному режимі без застосування високоартісних методів натурних досліджень штампів. Запропонована конфігурація заготовки була проаналізована в DEFORM-3D при імітації процесу холодного видавлювання. В результаті комп'ютерного моделювання з'ясувалося, що максимальне зусилля, яке виникає в запропонованій заготовці менше, процес перетікання металу проходить більш плавно та з меншим навантаженням порівняно із заготовкою по технологічному процесу. Під час порівняння отриманих результатів досліджень отримані висновки, що зміна форми заготовки покращує роботу штампа, а саме зменшує навантаження на робочий інструмент, що забезпечує належну роботу штампа та усуває поломку робочого інструмента пуансона.

### Література

1. Shao Ran, Xu Kan. Study on blade forging die design based on deform-3D. Hot Working Technology, Vol. 43, Issue 5, 2014, p. 148–150.
2. Zou Qiong Qiong, Huang Ji Long, Gong Hong Ying, et al. Optimization of cold extrusion for automobile spline shaft parts based on deform-3D. Journal of Plastic Engineering, Vol. 23, Issue 5, 2016, p. 8–13.
3. Воронцов А.Л. Теория штамповки выдавливанием / А. Л. Воронцов. – М., 2004. – 721 с.
4. Холодная объемная штамповка / под ред. Г.А. Навроцкого. – М. : Машиностроение, 1987. – 384 с.
5. Теория пластических деформаций металлов / под ред. Е.П. Унксова, А.Г. Овчинникова. – М. : Машиностроение, 1983. – 598 с.
6. Кротенко Г. А. Аналіз процесів видавлювання в умовах тривимірної течії металу / Кротенко Г. А. – Харків : НТУ «ХПІ», 2011. – 20 с.
7. Бэкофен В. Процессы деформации / Бэкофен В. ; пер. с англ. – М. : Metallurgy, 1987. – 208 с.

### References

1. Shao Ran, Xu Kan. Study on blade forging die design based on deform-3D. Hot Working Technology, Vol. 43, Issue 5, 2014, p. 148–150.
2. Zou Qiong Qiong, Huang Ji Long, Gong Hong Ying, et al. Optimization of cold extrusion for automobile spline shaft parts based on deform-3D. Journal of Plastic Engineering, Vol. 23, Issue 5, 2016, p. 8–13.
3. Vorontsov A.L. Theory of extrusion stamping. M.: Mechanical Engineering 1, 2004. 721 p.
4. Cold forging; ed. G.A. Navrotskogo. M.: Mashinostroenie, 1987. 384 p.
5. The theory of plastic deformation of metals; ed. E.P. Unksova, A.G. Ovchinnikov. M.: Mashinos-MAKING, 1983. 598 p.
6. Krotenko G.A. Analysis of extrusion processes in terms of three-dimensional metal flow. NTU "KhPI". Kharkiv, 2011. 20 p.
7. Bakofen V. Deformation processes. Trans. with English. M.: Metallurgy, 1987. 208 p.

Рецензія/Peer review : 27.11.2019 р.

Надрукована/Printed : 02.01.2020  
Рецензент: д.т.н., проф. Гордєєв А.І.