# APPLIED MECHANICS

DOI https://doi.org/10.30525/978-9934-26-388-0-4

## THE INFLUENCE OF THE RATE OF DEFORMATION ON THE TECHNOLOGICAL EFFORT OF THE PROCESS OF HOT REVERSE EXTRUSION WITH THE DISTRIBUTION OF A HOLLOW PRODUCT FROM LOW-CARBON STEEL

## ВПЛИВ ШВИДКОСТІ ДЕФОРМУВАННЯ НА ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗУСИЛЛЯ ПРОЦЕСУ ГАРЯЧОГО ЗВОРОТНОГО ВИДАВЛЮВАННЯ З РОЗДАЧОЮ ПОРОЖНИСТОГО ВИРОБУ ІЗ МАЛОВУГЛЕЦЕВОЇ СТАЛІ

**Sytnyk S. V.**
*Postgraduate Student at the Department of Aircraft Manufacturing Technologies, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" Kyiv, Ukraine*

**Ситник С. В.**
*аспірант кафедри технології виробництва літальних апаратів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» м. Київ, Україна*

**Lipodat V. Ye.**
*Student at the Department of Aircraft Manufacturing Technologies, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" Kyiv, Ukraine*

**Ліподат В. Є.**
*студент кафедри технології виробництва літальних апаратів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» м. Київ, Україна*

Метою роботи є встановлення впливу швидкості деформування на зусилля процесу гарячого зворотного видавлювання з роздачою круглого порожнистого виробу із маловуглецевої сталі.

Розробка технології та проектування штампового оснащення для операцій гарячого об'ємного штампування займають багато часу та потребують значних матеріальних витрат. Для скорочення часу на підготовку виробництва виробів гарячим пластичним формоутворенням

застосовують моделювання методом скінченних елементів (МСЕ) з використанням різноманітних програмних середовищ.

Застосування програми DEFORM відображено в джерелі [1], де було досліджено процес гарячого видавлювання із високовуглецевої сталі конусних порожнистих виробів.

З використанням МСЕ досліджено процес формоутворення гарячим зворотним видавлюванням деталі типу стакан із матеріалу марки In718 [2]. Авторами було досліджено структуру зерна та вказано, що при початковій температурі заготовки 1000–1050°С і швидкості деформування 5 мм/с було отримано дрібну та рівномірну структуру зерна.

Результати досліджень процесу комбінованого видавлювання, що складається з прямого та зворотного видавлювання, висвітлено в роботі [3]. Здійснено розрахунки за допомогою МСЕ та проведено натурний експеримент. Порівняно вплив температури заготовки (180°С та 200°С), швидкість видавлювання (2 мм/с та 20 мм/с), а також вплив коефіцієнту тертя. Результати розрахунків МСЕ та експериментальних дослідів добре узгоджуються між собою.

Результати досліджень нової схеми зворотного видавлювання порожнистого виробу відображено в роботі [4]. Нерухома втулка з отвором, в якому встановлюється заготовка, розміщується між пуансоном та матрицею. Пуансон деформує заготовку в отворі нерухомої втулки та витісняє матеріал заготовки між втулкою та матрицею до досягнення кінцевих форми та розмірів виробу. Проведено розрахунки МСЕ та експериментальні дослідження на алюмінієвих заготовках. У висновках автори вказують на те, що згідно такої схеми деформування структура матеріалу покращуєтеся, а ступінь деформації збільшується, що має переваги в порівнянні з традиційними способами зворотного видавлювання.

В цій роботі відображено результати проведених розрахунків МСЕ в програмному комплексі DEFORM процесу гарячого зворотного видавлювання з роздачою порожнистого вісесиметричного виробу із маловуглецевої сталі марки Сталь 25 при різних швидкостях переміщення пуансону. На рис. 1 відображено схему гарячого зворотного видавлювання з роздачою.

Ліворуч від вісі симетрії показано початкове положення інструменту та квадратної заготовки на початку видавлювання, а праворуч – в кінці видавлювання. Вихідна заготовка 1 встановлюється на виштовхувач 2 з центруванням по циліндричній поверхні матриці 3. Деформування зусиллям Р виконується при опусканні пуансону 4 зі швидкістю $V_0$, внаслідок чого утворюється виріб 5. Після вилучення пуансону 4 із здеформованого виробу 5 здійснюється його виштовхування із матриці 3 за допомогою виштовхувача 2. Вказана схема на рис. 1 носить назву гаряче зворотне видавлювання з роздачою тому, що під час

видавлювання матеріал заготовки витісняється в зворотному та радіальному напрямках.

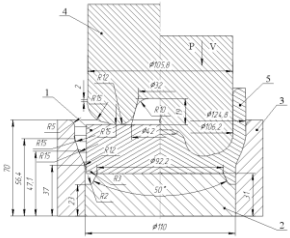

**Рис. 1. Схема гарячого зворотного видавлювання з роздачою (розріз вказано по діагоналі заготовки квадратного перерізу)**

Проведено розрахунки зі швидкостями $V_o$=20 мм/с, $V_o$=40 мм/с, $V_o$=60 мм/с і $V_o$=80 мм/с. Вихідна заготовка квадратного перерізу має розміри сторін 76,1х76,1 мм та висоту 55,6 мм. Температура вихідної заготовки Т=1000°С. Тертя на контактуючих поверхнях враховано по Зібелю з величиною коефіцієнту тертя μ=0,25. Деформуючий інструмент підігрівався до температури Т=400°С.

Положення деформуючого інструменту в розрізі на початку і в кінці зворотного видавлювання з роздачою відображено на рис. 2. Початкове положення деформуючого інструменту наведено на рис. 2а. Заготовку 1 встановлено на виштовхувачі 2, що має спеціальну геометрію для формування виступу на торці донної частини. Центрування заготовки 1 відбувається по нижній циліндричній частині матриці 3. Деформування відбувається за допомогою пуансону 4. Положення деформуючого інструменту в кінці видавлювання показано на рис 2б.

а б

**Рис. 2. Положення деформуючого інструменту на початку і в кінці видавлювання: а – положення на початку видавлювання; б – положення в кінці видавлювання**

Залежність зусилля видавлювання від переміщення пуансону відображено на рис. 3. На рис. За наведено залежність зусилля видавлювання від переміщення пуансону при швидкості деформування 20 мм/с, а на рис. 3б, 3в та 3г при швидкостях деформування 40 мм/с, 60 мм/с та 80 мм/с відповідно.

**Висновки.** За допомогою методу скінченних елементів досліджено вплив швидкості деформування на технологічне зусилля процесу гарячого зворотного видавлювання з роздачою порожнистого вісесиметричного виробу із маловуглецевої сталі.

Визначено залежність зусилля видавлювання від переміщення деформуючого інструменту при різних швидкостях деформування. Встановлено, що при швидкості деформування 60–80 мм/с величина зусилля видавлювання менша в порівнянні із зусиллям видавлювання при швидкості деформування 20 мм/с.

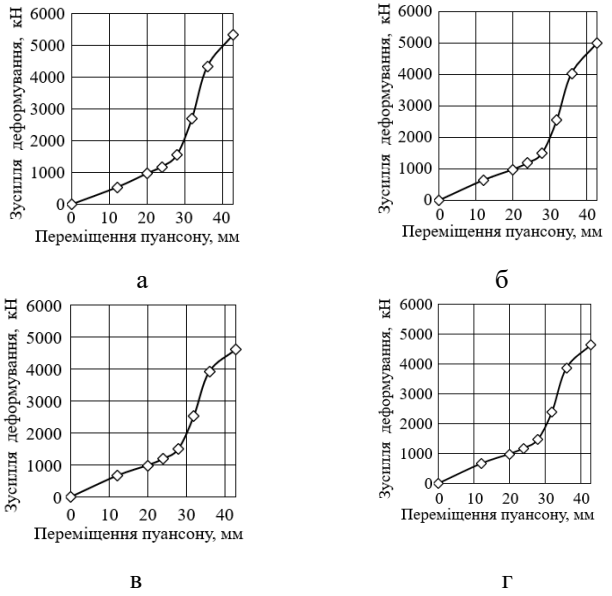


**Рис. 3. Залежність зусилля видавлювання від переміщення пуансону: а – швидкість деформування 20 мм/с; б – швидкість деформування 40 мм/с; в – швидкість деформування 60 мм/с; г – швидкість деформування 80 мм/с**

**Література:**

1. Калюжний В.Л., Алієва Л.І., Ярмоленко О.С., Ситник С.В. Гаряче видавлювання із високовуглецевої сталі конусних порожнистих виробів. Mech. Adv. Technol. Vol. 6, No. 3, 2022, pp. 302–308.

2. X Hu. Numerical Simulation for Microstructure Evolution in In718 Alloy During Cylindrical Cup Backward Extrusion / X Hu, R B Mei, F Zhu, Y Fan, Y B Liang, X B Wang, D G Wang and Z R Jing // Northeastern University at Qinhuangdao Branch, Northeastern University, Qinhuangdao 066004, China. ISSN: 1662-8985, Vol. 650, p. 92-97.

3. Duk Jae Yoon, Eung-Zu Kim, Kyoung Hoan Na, Yong-Shin Lee, A study on the forming characteristics of AZ 31B Mg Alloy in a combined Forward–backward extrusion at warm temperatures / MDPI, Received: 15 October 2018; Accepted: 2 November 2018; Published: 8 November 2018, p. 1-10, doi:10.3390/app8112187.

4. S.H. Hosseini, K. Abrinia & G. Faraji. Applicability of a modified backward extrusion process on commercially pure aluminium. Materials and Design. DOI: 10.1016/j.matdes.2014.09.043. 2015. Volume 65, p. 521-528.