

УДК 621.777.4

ПРОЦЕС СУМІЩЕНОГО ВИДАВЛЮВАННЯ ПОРОЖНИСТИХ ДЕТАЛЕЙ З ФЛАНЦЯМИ

Абхарі П.Б.¹, Кузенко О.А.¹, Махмудов К.Д.²

1 - Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ

2 - Дагестанський державний технічний університет, м. Каспійськ

Анотація: Розглянуто процес суміщеного видавлювання деталі типу втулка з фланцями. Методом планування експериментів на основі моделювання скінченних елементів за допомогою програмного пакета QFort 2D/3D досліджено силовий режим і формозміна заготовки в процесі суміщеного видавлювання. В результаті дослідження отримано розподіл інтенсивності деформацій в осередку деформації на різних стадіях процесу суміщеного видавлювання. Побудовано графіки залежності приведенного тиску видавлювання від тертя і відносного внутрішнього радіуса труби і приведенний тиск розкриття півматриці від відносної висоти фланця і відносного внутрішнього радіуса труби при різних варіюваних факторах. Графіки показали, що зі збільшенням тертя приведенний тиск видавлювання збільшується, зі збільшенням відносної висоти фланця значення приведенного тиску розкриття півматриці падають.

Ключові слова: суміщене видавлювання; інтенсивність деформації; приведенний тиск; розкриття матриці; метод скінченних елементів.

Осесиметричні порожні деталі з внутрішніми і зовнішніми фланцями знайшли широке поширення в різних галузях промисловості від приладобудування до важкого машинобудування. Найбільш ефективними методами для отримання подібних деталей з високою точністю і мінімальними витратами матеріалу є процеси обробки металів тиском.

У промисловості осесиметричні деталі можуть бути виготовлені суміщеним видавлюванням. Суміщене видавлювання є найбільш ефективним способом через виготовлених порожнистих деталей з фланцем. Однак, застосування цих способів в практиці штампувального виробництва, їх практична розробка і освоєння вимагає значних витрат на технологічну підготовку, так як пошук раціональних режимів проведення технологічних операцій вимагає трудомістких експериментальних робіт. Це пов'язано з відсутністю технологічних рекомендацій і методик проектування і вибору технологічних режимів. Особливо помітний недолік таких рекомендацій для розробки процесів видавлювання порожнистих деталей з внутрішніми і зовнішніми фланцями з вихідних трубчастих заготовок. Саме тому існує необхідність подальшого розвитку теоретичних і експериментальних досліджень для заповнення існуючого пробілу і створення науково обґрунтованих методик проектування процесів видавлювання деталей типу втулок [1-4]. Помітне підвищення ефективності досліджень і інженерних розробок досягається використанням математичних методів планування експериментів. Використання математико – статистичних методів при постановці завдань, в процесі обробки отриманих даних істотно скорочує терміни рішення, знижує витрати на дослідження і підвищує якість отриманих результатів. В якості незалежних змінних вибираються досліджувані параметри процесів ОМТ.

Рівні факторів			
Фактори	$x_1 (\bar{h})$	$x_2 (\mu)$	$x_3 (\bar{R})$
Основний рівень (X_{i_0})	0,22	0,2	0,64
Інтервал варіювання (ΔX_i)	0,07	0,2	0,19
Верхній рівень ($x_i = 1$)	0,29	0,4	0,83
Нижній рівень ($x_i = -1$)	0,15	0	0,45

Локальна область визначення факторів встановлюється з апіорних міркувань. Кожен із чинників варіюється на двох рівнях. Інтервали варіювання факторів і їх значення в натуральному масштабі на основному, верхньому і нижньому рівнях вказуються в таблиці рівнів факторів (табл.1). Метою роботи є дослідження

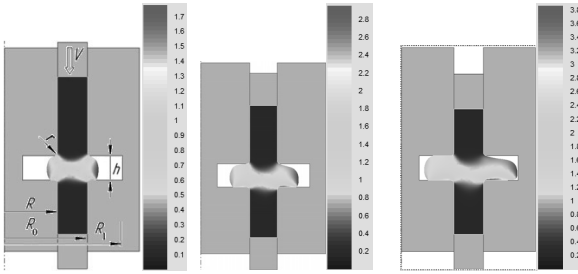


Рис. 1. - Розподіл інтенсивності деформації ϵ при суміщеному видавлюванні

програмному продукті QForm 2D з граничними умовами: зміцнення алюмінієвого матеріалу АД31 описується кривою зміцнення $\sigma_s=19155 \cdot e^{0,202}$ МПа при швидкості деформування $0,25 \text{ c}^{-1}$, густина матеріалу 2800 кг/м^3 ; модуль Юнга 71000 МПа ; коефіцієнт Пуассона $0,3$; коефіцієнт тертя за Левановим $\mu_s=0,16$; швидкість переміщення інструментів 1 мм/с ; інструмент абсолютно жорсткий. Варіюваними факторами обрані: відносна висота фланця ($\bar{h}=h/R_1$), відносний внутрішній радіус труби ($\bar{R}=R/R_1$) і контактне тертя (μ), де: R_1 – зовнішній радіус труби; R – внутрішній радіус труби, h – висота фланця. Інтервали варіювання факторів і їх значення в натуральному масштабі на основному, верхньому і нижньому рівнях (див. табл. 1). Рівняння регресії процесу суміщеного доцентрового і радіального видавлювання:

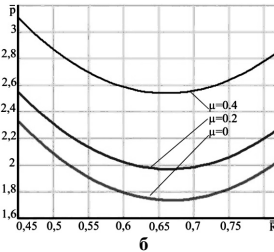
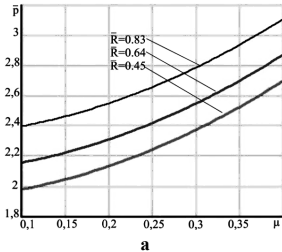


Рис. 2. - Графіки залежності приведенного тиску видавлювання від тертя (а) і від відносного внутрішнього радіусу труби (б) при різних варіюваних факторах

$$+b_{11} \cdot \left(\frac{h-0.22}{0.07}\right)^2 + b_{22} \cdot \left(\frac{\mu-0.2}{0.2}\right)^2 + b_{33} \cdot \left(\frac{R-0.636}{0.182}\right)^2 \quad (1)$$

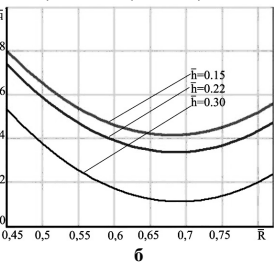
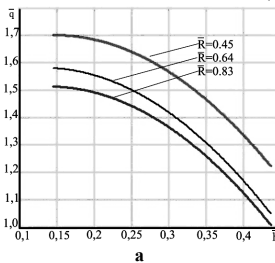


Рис. 3. - Графіки залежності приведенного тиску розкриття матриці від відносної висоти фланця (а) і від відносного внутрішнього радіусу труби (б)

силового режиму процесів видавлювання порожнистих деталей складної конфігурації на основі моделювання скінченних елементів в середовищі Qform 2D/3D, методом планування експериментів [5-8].

Моделювання процесу суміщеного видавлювання деталі типу втулка з фланцями проводилося в програмному продукті QForm 2D з граничними умовами: зміцнення алюмінієвого матеріалу АД31 описується кривою зміцнення $\sigma_s=19155 \cdot e^{0,202}$ МПа при швидкості деформування $0,25 \text{ c}^{-1}$, густина матеріалу 2800 кг/м^3 ; модуль Юнга 71000 МПа ; коефіцієнт Пуассона $0,3$; коефіцієнт тертя за Левановим $\mu_s=0,16$; швидкість переміщення інструментів 1 мм/с ; інструмент абсолютно жорсткий. Варіюваними факторами обрані: відносна висота фланця ($\bar{h}=h/R_1$), відносний внутрішній радіус труби ($\bar{R}=R/R_1$) і контактне тертя (μ), де: R_1 – зовнішній радіус труби; R – внутрішній радіус труби, h – висота фланця. Інтервали варіювання факторів і їх значення в натуральному масштабі на основному, верхньому і нижньому рівнях (див. табл. 1). Рівняння регресії процесу суміщеного доцентрового і радіального видавлювання:

$$Y(h, \mu, R) = b_0 + b_1 \cdot \frac{h-0.22}{0.07} + b_2 \cdot \frac{\mu-0.2}{0.2} + b_3 \cdot \frac{R-0.636}{0.182} + \left(b_{12} \cdot \frac{h-0.22}{0.07} \cdot \frac{\mu-0.2}{0.2}\right) + \left(b_{13} \cdot \frac{h-0.22}{0.07} \cdot \frac{R-0.636}{0.182}\right) + \left(b_{23} \cdot \frac{\mu-0.2}{0.2} \cdot \frac{R-0.636}{0.182}\right) +$$

Розподіл інтенсивності деформації ϵ при суміщеному видавлюванні представлений на рис. 1. Осередок деформації зосереджений на частині заготовки, яка безпосередньо деформується, і дорівнює висоті фланця. Максимальні значення логарифмічної деформації рівні $2 - 2,5$ (86%...91%) і спостерігаються на перехідних кромках інструментів.

Графіки залежності приведенного тиску видавлю-

вання від варійованих параметрів (рис. 2), показали, що зі збільшенням тертя приведений тиск видавлювання зростає. Причиною тому служить зростання ступеня деформації. При збільшенні відносного внутрішнього радіуса труби характер розподілу приведенного тиску видавлювання змінний. Спостерігається мінімум тиску. На рис. 3, залежність приведенного тиску розкриття матриці від варійованих параметрів, видно, що зі збільшенням відносної висоти фланця значення падають. Таке спостерігається за рахунок зростання обсягу металу, який випливає під фланець. При зміні товщини стінки значення приведенного тиску мають змінний розподіл.

Process of combined extrusion in hollow parts with flanges

Abhari P. B.¹, Kuzenko O.A.¹, Makhmudov K.D.²

Abstract. *The process of combined extrusion in busing parts with flanges is considered. The method of planning experiments based on finite element modeling by using the QForm 2D/3D software package to investigate power mode and billet deformation of shapes in combined extrusion process are defined. Based on investigation results, the distribution of strain intensity in the deformation zone at different stages of the combined extrusion process is obtained. The relative punch pressure vs. the fractional coefficients and so the relative internal radius of the pipe and the relative matrix disclosures pressure vs. the relative height of the flange and so the relative internal radius of the pipe with various variable factors are determined. The graphs are showed that with increasing fractional coefficients, the relative punch pressure increases and with increasing relative height of the flange, the relative matrix disclosures pressure decreases.*

Keywords: *combined extrusion, intensity of deformation, relative pressure, matrix disclosure, finite element method.*

Процесс совмещенного выдавливания полых деталей с фланцами

Абхари П. Б.¹, Кузенко О.А.¹, Махмудов К.Д.²

Аннотация. *Рассмотрен процесс совмещенного выдавливания детали типа втулка с фланцами. Методом планирования экспериментов на основе моделирования конечных элементов с помощью программного пакета QForm 2D/3D исследовано силовой режим и формоизменение заготовки в процессе совмещенного выдавливания. В результате исследования получено распределение интенсивности деформаций в очаге деформации на различных*

стадиях процесса совмещенного выдавливания. Построены графики зависимости приведенного давления выдавливания от трения и относительного внутреннего радиуса трубы и приведенное давление раскрытия полуматрицы от относительной высоты фланца и относительного внутреннего радиуса трубы при различных варьируемых факторах. Графики показали, что с увеличением трения приведенное давление выдавливания увеличивается, с увеличением относительной высоты фланца значения приведенного давления раскрытия полуматрицы падают.

Ключевые слова: *совмещенное выдавливание, интенсивность деформаций, приведенное давление, раскрытие матрицы, метод конечных элементов.*

Список літератури

1. Алиев И. С. Моделирование процесса штамповки в закрытых штампах методом конечных элементов / И. С. Алиев, П. Б. Абхари, А. А. Еремина // Пластическая деформация металлов : научное издание. – Монография – Днепропетровск, 2014. – Том 1. – С. 192–196.
2. Алиев И. С. Технологические процессы штамповки радиальным выдавливанием в закрытых штампах / И. С. Алиев, П. Б. Абхари, А. А. Еремина // Обработка материалов давлением : сб. науч. тр. – Краматорск : ДГМА, 2015. – № 2 (41). – С. 166–172.
3. Abhari Payman. Investigation of load on the tools in precision radial extrusion process with multiple ram / Payman Abhari // XVII International scientific conference «New technologies and achievements in metallurgy, material engineering and production engineering»: Series: Monographs. – № 56. – Czestochowa, 2016 – P. 330–333.
4. Алиева Л.И. Моделирование процесса комбинированного выдавливания фланцев на полых деталях / Л. И. Алиева // Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Машинобудування». – 2016. – № 1 (76). – С. 20–30.
5. Abhari Payman. Application of Numerical Simulation to Investigate Material Flow in Hollow Radial Extrusion/ Payman Abhari // International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology (IJSRSET). – July-August-2017. – Volume 3. – Issue 5. – p. 556–560. – ISSN 2394-4099. – <http://ijsrset.com/archive.php?v=6&i=18&pyear=2017>, DOI : 10.32628/IJSRSET1734145.
6. Abhari Payman. Finite Element Simulation of Flashless Radial Extrusion Process / Payman Abhari, Igramotdin Aliiev // IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE), e-ISSN: 2278-1684, p-ISSN: 2320-334X, Volume 14, Issue 4 Ver. III (Jul. – Aug. 2017), PP 79-83, [http://www.iosrjournals.org/iosr-jmce/pages/14\(4\)Version-3.html](http://www.iosrjournals.org/iosr-jmce/pages/14(4)Version-3.html), DOI: 10.9790/1684-1404037983.
7. Abhari Payman. The investigation of lateral extrusion process using finite element simulation / Payman Abhari // International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology (IJRASET). – August 2017. – Volume 5. – Issue VIII. – p. 1703–1707. – ISSN 2321-9653. <http://ijraset.com/archive-detail.php?AID=60>, DOI: 10.22214/ijraset.2017.8242.
8. Abhari Payman. Computer-aided simulation to investigate material flow in combined-radial extrusion / Payman Abhari // International Journal of Engineering Research and Advanced Technology (IJERAT). February 2018. – Volume 4. – Issue 2. – p. 24–28. – ISSN: 2454-6135. – DOI: 10.7324/IJERAT.2018.3187, Doiurl <http://dx.doi.org/10.7324/IJERAT.2018.3187>, <https://ijerat.com/index.php/admin/archivissue?issueid=410>.