

Алиева¹ Л.И. к.т.н., доц., Гончарук² К.В. асп., Быкова³ Л.В. студ.

^{1,3} - Донбасская государственная машиностроительная академия, Краматорск, Украина

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ КОМБИНИРОВАННОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ СТЕРЖНЕВЫХ ДЕТАЛЕЙ С ФЛАНЦЕМ

Aliieva¹ L.I., Goncharuk² K.V., Bykova³ L.V.

¹ - PhD, associate professor, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine, e-mail: leyla-ukr@mail.ru

² - postgraduate student, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine, e-mail: goncharuk_omd@mail.ua

³ - student, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine, e-mail: l_u_b_a_n_y_a@bk.ru

DETERMINATION OF POWER PARAMETERS OF THE COMBINED EXTRUSION OF ROD DETAILS WITH FLANGE

Проведено моделирование процесса комбинированного выдавливания детали с фланцем методом конечных элементов при помощи программного продукта QForm 2D с целью определения энергосиловых параметров выдавливания и формоизменения заготовки. В соответствии с проведенным исследованием установлено, что очаг деформации сосредоточен на переходных кромках деформирующего инструмента. Методом планирования эксперимента получены зависимости приведенного давления выдавливания и формоизменения от геометрических параметров получаемой детали.

Ключевые слова: комбинированное выдавливание, деталь, приведенное давление, фланец, метод конечных элементов, формоизменение.

Введение

Развитие науки тесным образом связано с повышением практического использования ее результатов в промышленном и хозяйственном производстве. Важнейшим фактором в решении подобных задач является разработка новых технологических процессов, позволяющих получать изделия высокого качества с заданными эксплуатационными свойствами и с наименьшими затратами на их производство. В связи с этим необходимы так же непрерывные улучшения традиционных процессов холодного выдавливания и переход от простых базовых процессов к более сложным – комбинированному выдавливанию [1].

Одним из прогрессивных ресурсосберегающих методов получения изделий высокого качества является холодная объемная штамповка. При холодной объемной штамповке достигается деформационное упрочнение, отсутствие надразов, появляется направленность волокон вдоль конфигурации

штампованной заготовки, улучшается микрогеометрия (по сравнению с обработкой резанием, литьём и горячей штамповкой), увеличивается коэффициент использования металла (по сравнению с литьём и горячей штамповкой на 30% и более, по сравнению с обработкой резанием - в 2-3 раза). В среднем коэффициент использования металла достигает - 0,9 - 0,93. Оценка энергосиловых зависимостей выдавливания на основе метода конечных элементов с применением элементов планирования эксперимента позволит дать теоретическую оценку процессу [2, 3]. Комбинированное выдавливание может быть успешно применено для изготовления изделий с фланцем.

Цель

Целью работы является определение энергосиловых параметров и формоизменения заготовки при комбинированном выдавливании детали с фланцем (рис. 1).

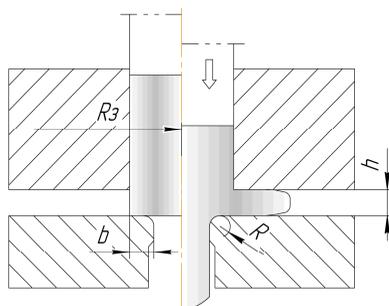


Рис. 1. Схема комбинированного выдавливания

Методика исследования

Метод конечных элементов с применением математического аппарата планирования эксперимента позволяет не только получить коэффициенты уравнения регрессии, но и произвести статистическую обработку полученных экспериментальных данных [2].

В результате планирования эксперимента ожидается получить зависимости энергосиловых параметров выдавливания и формоизменения от геометрических параметров (относительная высота фланца $\bar{h} = h / R_3$, относительная длина ребра $\bar{b} = b / R_3$ и относительный радиус закругления матрицы $\bar{R} = R / R_3$).

Зависимой величиной (откликом) в данном случае будут являться приведенное давление выдавливания.

Исследуется трехфакторная модель. Изменение факторов будем вести на трех уровнях. Первым этапом планирования является выбор центра плана X_{i_0} и определение шагов варьирования ΔX_i по каждому фактору. Интервалы варьирования факторов и их значения в натуральном масштабе

на основном, верхнем и нижнем уровнях указаны в таблице уровней факторов (табл. 1).

Таблица 1

Уровни факторов			
Факторы	$X_1(\bar{h})$	$X_2(\bar{b})$	$X_3(\bar{R})$
Основной уровень (X_{i_0})	0,33	0,50	0,14
Интервал варьирования (ΔX_i)	0,13	0,16	0,07
Верхний уровень ($x_i = 1$)	0,46	0,66	0,21
Нижний уровень ($x_i = -1$)	0,20	0,34	0,07

Кодированные значения факторов (x_i) связаны с натуральными значениями (X_i) следующим соотношением (1):

$$x_i = (X_i - X_{i_0}) / \Delta X_i, \quad (1)$$

где X_{i_0} – натуральное значение основного уровня;

ΔX_i – интервал варьирования;

i – номер фактора.

Уравнение регрессии представлено формулой (2). Для планов типа B_k коэффициенты регрессионного уравнения определены для данной схемыв табл. 2.

$$\begin{aligned}
 Y(h, b, R) = & b_0 + b_1 \cdot \frac{h-0.33}{0.13} + b_2 \cdot \frac{b-0.5}{0.16} + b_3 \cdot \frac{R-0.14}{0.07} + \left(b_{12} \cdot \frac{h-0.33}{0.13} \cdot \frac{b-0.5}{0.16} \right) + \\
 & + \left(b_{13} \cdot \frac{h-0.33}{0.13} \cdot \frac{R-0.14}{0.07} \right) + \left(b_{23} \cdot \frac{b-0.5}{0.16} \cdot \frac{R-0.14}{0.07} \right) + b_{11} \cdot \left(\frac{h-0.33}{0.13} \right)^2 + \\
 & + b_{22} \cdot \left(\frac{b-0.5}{0.16} \right)^2 + b_{33} \cdot \left(\frac{R-0.14}{0.07} \right)^2
 \end{aligned} \quad (2)$$

Таблица 2

Коэффициенты регрессионного уравнения										
	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{11}	b_{22}	b_{33}
Энергосиловые параметры выдавливания										
P	19.3	-4.1	2	-3.2	1.7	3.5	-1.5	4.1	-5	6.63
p	342	-19	63	-12	3.5	12.3	-10	4.4	-2	11.5
\bar{p}	1.64	-0.1	0.3	-0.1	0.1	0.05	-0.1	0.1	0.4	0.06
Вытекание металла										
V_ϕ/V	0.7	0.08	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.1	-0.1	0.01

Согласно расширенной матрице плана производилось 14 экспериментов с различными параметрами процесса. Граничные условия для осесимметричной задачи были заданы в следующем виде: упрочнение алюминиевого материала АД31 описано кривой упрочнения $\sigma_s = 191,55 \cdot e^{0,202}$ МПа при скорости деформирования $0,25 \text{ c}^{-1}$, плотность материала 2800 кг/м^3 ; модуль Юнга 7100 МПа ; коэффициент Пуассона $0,3$; коэффициент трения по Леванову $\mu_s = 0,16$; скорость перемещения инструмента 1 мм/с ; инструмент абсолютно жесткий.

Результаты исследования

В соответствии с проведенным моделированием в пакете QForm, установлено (рис. 2), что очаг деформации сосредоточен на переходных кромках деформирующего инструмента (полуматриц); максимальные значения логарифмической деформации находятся в пределах $1,75 - 1,85$ (82% - 85%).

С использованием методики, описанной ранее, при помощи программы MathCAD получены зависимости приведенного давления выдавливания и формоизменения детали от варьируемых величин (рис. 3, 4).

Из графиков, приведенных на рис. 3, видно, что приведенное давление с увеличением относительного радиуса закругления матрицы \bar{R} уменьшается. Это связано с появлением плавного течения материала. Так же при наличии большего радиуса закругления снижается концентрация напряжений в месте изменения поперечного сечения.

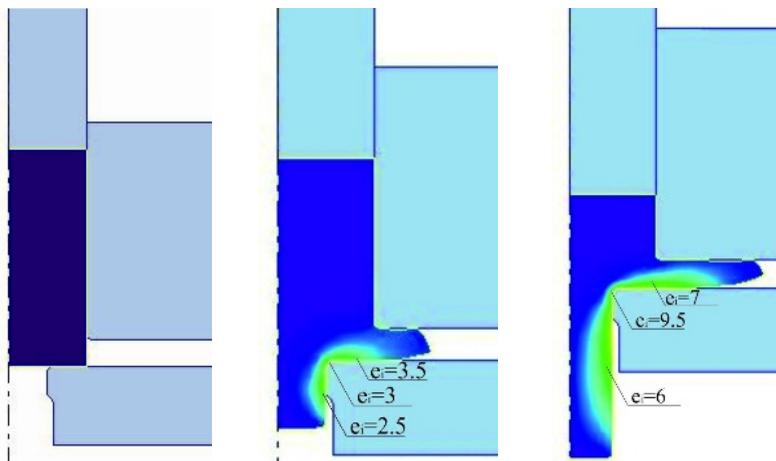


Рис. 2. Поэтапное формоизменение заготовки

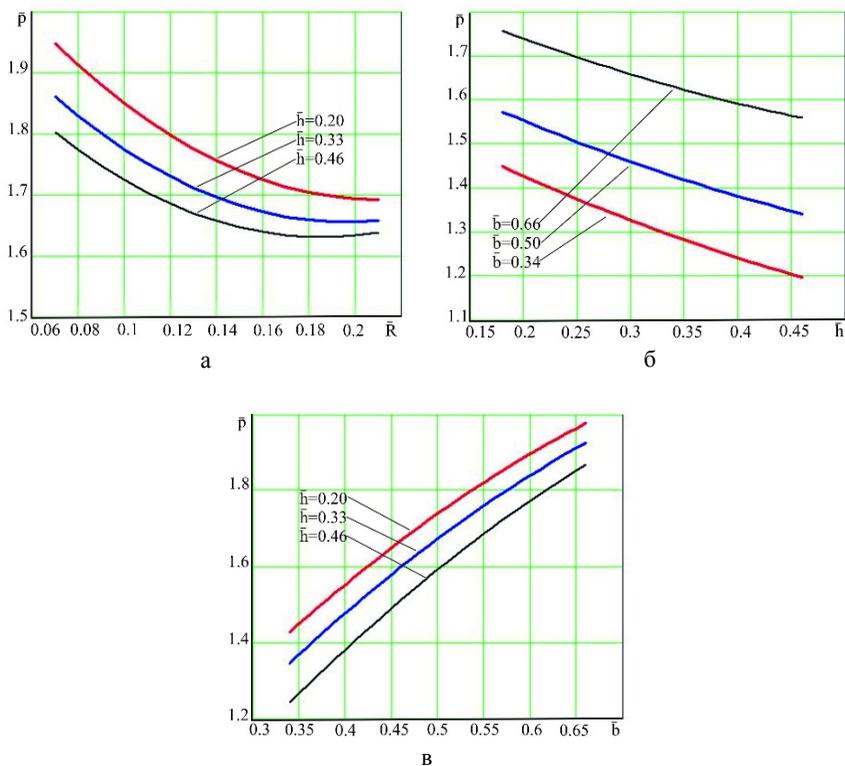


Рис. 3. Зависимости приведенного давления выдавливания от относительных геометрических параметров процесса

Аналогичный характер изменения энергосиловых параметров при изменении относительной высоты фланца \bar{h} . Подобный характер изменения значений наблюдается за счет изменения жесткости схемы. При изменении относительной длины ребра \bar{b} приведенное давление возрастает с увеличением данного параметра (уменьшается диаметр отростка). Такое изменение получается за счет изменения напряженного состояния при прямом выдавливании. Так же увеличивается контактная поверхность трения с нижней полуматрицей.

Для анализа формоизменения рассмотрено соотношение количества выдавливаемого материала во фланец к общему количеству продеформированного материала V_{ϕ}/V . Полученные графики показаны на рис. 4 [4].

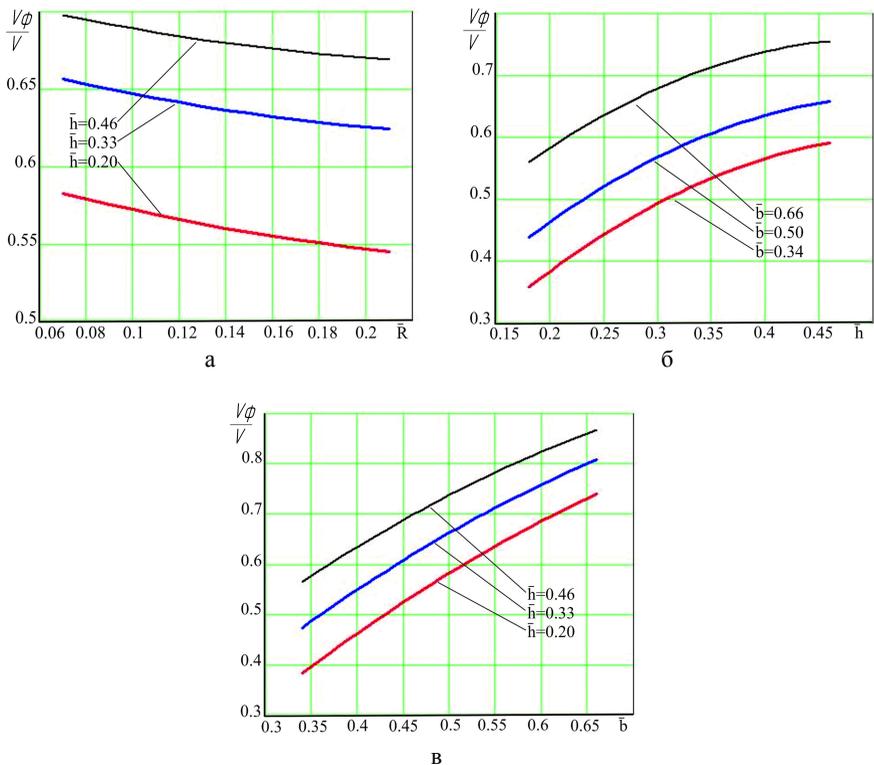


Рис. 4. Графики распределения формоизменения детали при разных геометрических параметрах

При увеличении относительного радиуса закругления матрицы \bar{R} (рис. 4) количество материала, который затекает во фланец, уменьшается. Это связано с уменьшением зоны среза при прямом истечении металла.

Изменение относительной высоты фланца \bar{h} и относительной длины ребра \bar{b} приводит к увеличению количества металла, который заполняет полость фланца. Увеличение параметра \bar{h} характеризуется изменением жесткости схемы. Так же истечению материала в радиальном направлении способствуют напряжения растяжения. С возрастанием относительной длины ребра \bar{b} снижается возможность течения материала в прямом направлении за счет уменьшения отростка в данном направлении.

Выводы

Использование процессов комбинированного выдавливания сочетают в себе преимущества продольного и поперечного выдавливания. Прове-

денное моделирование процесса комбинированное выдавливания детали с фланцем методом конечных элементов позволило определить место образования очага деформации. В соответствии с наблюдениями, установлено, что очаг деформации сосредоточен на переходных кромках полуматриц. Методом планирования эксперимента получены зависимости приведенного давления выдавливания и формоизменения заготовки от геометрических параметров процесса.

Алієв І.С., Гончарук Х.В., Бикова Л.В. Визначення енергосилових параметрів комбінованого видавлювання стрижневих деталей з фланцем.

Проведено моделювання процесу комбінованого видавлювання деталі з фланцем методом скінчених елементів за допомогою програмного продукту QForm 2D з метою визначення енергосилових параметрів видавлювання та формозміни заготовки. Відповідно до проведеного дослідження встановлено, що осередок деформації зосереджений на перехідних кромках деформуючого інструменту. Методом планування експерименту отримані залежності приведенного тиску видавлювання та формозміни від геометричних параметрів процесу.

Ключові слова: комбіноване видавлювання, деталь, приведений тиск, фланець, метод скінчених елементів, формозміна.

Aliieva L.I., Goncharuk K.V., Bykova L.V. Determination of power parameters of the combined extrusion of rod details with flange.

One of the promising cold forming processes is combined extrusion. This process may be successfully applied to the manufacturing of products with flange. The modeling of combined extrusion of parts with flange by a finite element method has been performed using the QForm 2D software. This work aims on determination of power parameters of extrusion forming of the billet and combined extrusion of parts with flange. The design of experiments techniques have been applied for this study. Dependences for energy-power parameters of extrusion based on the finite element simulation results using experimental design allow theoretical evaluation of the process in concordance with experimental results. It has established that the deformation zone is centered on the transition edges of the deforming tool. Dependences of the reduced extrusion pressure and shape changing of produced details on geometric parameters have found by design of experiments techniques. Forming of parts with different tool geometry has been considered.

Keywords: cold forming, detail, reduced pressure, flange, finite element method, forming.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев И.С. Анализ процессов комбинированного выдавливания стержневых деталей / И.С. Алиев, Е.М. Солодун, К. Крюгер, Ф. Йеше // Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні: Зб. наук. пр. – Луганськ: Вид-цтво СУДУ, 2000. – С. 8–13.
2. Алиева Л.И. Планирование эксперимента для определения силового режима при комбинированном двухстороннем выдавливании / Л.И. Алиева, С.В. Мартынов, К.В. Гончарук // V научно-техническая конференция молодых специалистов «Энергомашспецсталь 2013», Краматорск, 2013. – С. 25–26.

3. Новик Ф.С. Оптимизация процессов технологии металлов методом планирования экспериментов / Ф.С. Новик, Я.Б. Арсов // Машиностроение. – 1980. – 304 с.
4. Деревенько И.А. Деформируемость и качество заготовок в условиях комбинированного формоизменения / И.А. Деревенько // Обработка металлов давлением: сб. научн. трудов. – Краматорск : ДГМА, 2012. – № 3 (32). – С. 80 - 86.

REFERENCES

1. Aliiev, I.S., Solodun, Ye.M., Kryuger, K., Yeshe, F., 2000. Analiz protsessov kombinirovannogo vydavlivaniya sterzhnevyykh detaley [Analysis of combined extrusion processes of rod details], Resursozberigajuchi tehnologii virobnictva ta obrobki tiskom materialiv u mashinobuduvanni [Resource Saving Technologies for Production and Pressure Shaping of Materials in Machine-Building], Book of scientific papers, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, pp. 8-13. (in Russian)
2. Aliieva, L.I., Martynov S.V., Goncharuk K.V., 2013. Planirovaniye eksperimenta dlya opredeleniya silovogo rezhima pri kombinirovannom dvukhstoronnom vydavlivanii, V Nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya molodykh spetsialistov «Energomashpetsstal 2013», Kramatorsk, pp. 25–26. (in Russian)
3. Novik F.S., Arsov, Ya.B., 1980. Optimizatsiya protsessov tekhnologii metallov metodom planirovaniya eksperimentov, Mashinostroyeniye, 304 p. (in Russian)
4. Derevenko I.A., 2012. Deformiruyemost i kachestvo zagotovok v usloviyakh kombinirovannogo formoizmeneniya, Obrabotka metallov davleniyem: sb. nauchn. trudov. – Kramatorsk : DGMA, Issue 3 (32), pp. 80 - 86. (in Russian)