

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РАЗМЕРА ОЧАГА ДЕФОРМАЦИИ НА ПАРАМЕТРЫ КОМБИНИРОВАННОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ

Алиева Л. И., Гончарук К. В., Шкира А. В., Гнездилов П. В.

Повышение практического использования научных результатов является одним из основных направлений в развитии металлургии и машиностроения. Использование комбинированных простых схем выдавливания открывает резервы для получения штампуемой детали с усложнением формы и сокращения количества технологических переходов. Одной из проблем при расчёте технологического процесса комбинированного выдавливания это отсутствие рекомендаций по определению энергосиловых параметров процесса. Одним из факторов, который значительно влияет на усилие процесса, является форма очага деформации. Целью данной работы является анализ влияния вида очага деформации на энергосиловые параметры процесса комбинированного выдавливания. Методом баланса мощностей разработана математическая модель комбинированного радиально-обратного выдавливания. Установлены зависимости приведенного давления от геометрических параметров процесса для схем с разными очагами деформации. Проанализировано влияние вида очага деформации на энергосиловые параметры.

Підвищення практичного використання наукових результатів є одним з основних напрямків в розвитку металургії і машинобудуванні. Використання комбінованих простих схем видавлювання відкриває резерв для отримання деталі, що штампується, складної форми і скорочує кількість технологічних переходів. Однією з проблем при розрахунку технологічного процесу комбінованого видавлювання це відсутність рекомендацій з визначення енергосилових параметрів процесу. Одним з факторів, який значно впливає на зусилля процесу, є форма осередку деформації. Метою даної роботи є аналіз впливу виду осередку деформації на енергосилові параметри комбінованого видавлювання. Методом балансу потужностей розроблена математична модель комбінованого радіально-зворотного видавлювання. Встановлені залежності приведенного тиску від геометричних параметрів процесу для схем з різним осередками деформації. Проаналізовано вплив осередку деформації на енергосилові параметри.

Increase the practical use of research results is one of the main directions in the development of metallurgy and engineering. Using combined simple circuits extrusion opening reserves for stamping parts with complicated shape and reduce the number of process steps. One of the problems in the calculation of the combined extrusion process is the lack of recommendations to determine the power parameters of the process. One of the factors that significantly affect the force of the process is the shape of the deformation zone. The purpose of this paper is to analyze the influence of the form of the deformation zone in the power parameters of the combined process of extrusion. Power balance method, a mathematical model of a combined radial-backward extrusion. The dependences of the reduced pressure on the geometric parameters of the process for circuits with different deformation zone. Analyzed the influence of the form of the deformation zone on the power parameters.

Алиева Л. И.

Гончарук К. В.

Шкира А. В.

Гнездилов П. В.

канд. техн. наук, доц. ДГМА,
omd@dgma.donetsk.ua

аспирант ДГМА

аспирант ДГМА

аспирант ДГМА

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

УДК 611. 777. 01

Алиева Л. И., Гончарук К. В., Шкира А. В., Гнездилов П. В.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РАЗМЕРА ОЧАГА ДЕФОРМАЦИИ НА ПАРАМЕТРЫ КОМБИНИРОВАННОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ

Повышение практического использования научных результатов является одним из основных направлений в развитии металлургии и машиностроения. 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 – комбинированное выдавливание.

Одной из проблем при расчёте технологического процесса комбинированного выдавливания это отсутствие рекомендаций по определению энергосиловых параметров процесса. Одним из факторов, который значительно влияет на усилие процесса, является форма очага деформации [1–3].

На основании исследований С. И. Губкина, очаг деформации (ОД) может быть трех видов. Первый вид ОД сосредоточенного вблизи матрицы и пуансона, соответствует малому коэффициенту трения (0,1–0,2), относительно высокому качеству проработки структуры заготовки. Этот ОД называют присоединенным. Второй вид ОД распространяется на всю высоту заготовки, и называется совмещенным. Такой ОД образуется при средних коэффициентах трения (0,2–0,4). Третий вид ОД образуется при выдавливании относительно высоких заготовок с соотношением высоты заготовки к ее диаметру $H/D > 2$. При таком виде ОД неравномерность течения металла будет наибольшей, причем в области заготовки, связанной с пуансоном, наблюдается наименьшая деформация. Такой ОД называется разъединённым.

Целью данной работы является анализ влияния вида ОД на энергосиловые параметры процесса комбинированного выдавливания.

Для анализа силового режима деформирования при комбинированном радиально-обратном выдавливании используем энергетический метод. Достоинством энергетического метода баланса мощностей следует считать наглядность, гибкость, оперативность, возможность эффективного применения ЭВМ для выбора подходящих функций и варьируемых параметров, описывающих кинематику течения [4–6].

Уравнение баланса мощностей выглядит следующим образом:

$$N_a = N_d + N_c + N_t, \quad (1)$$

Рассмотрены два вида ОД: разъединенный (рис. 1, а) и совмещенный (рис. 1, б).

При расчёте схемы деформирования с разъединенным ОД вводится коэффициент λ . Для данной схемы разбивки уравнение энергетического баланса (2):

$$\bar{p} = (1 - \lambda) \cdot \bar{p}_1 + \lambda \cdot (\bar{p}_2 + G), \quad (2)$$

где $\lambda = \frac{\bar{p}_1}{\bar{p}_1 + k \cdot \bar{p}_2 + G}$ – коэффициент, который находится из равенства мощностей

на границе разделения жесткой зоны;

$k = \frac{R_1^2}{(R_1^2 - R^2)} \cdot \frac{R_1^2}{2 \cdot h \cdot R_1} = \frac{R_1^3}{2 \cdot h \cdot (R_1^2 - R^2)}$ – коэффициент, который получается из геометрических параметров процесса;

$$G = \frac{4 \cdot \mu_s \cdot \sigma_s \cdot \pi \cdot V_0 \cdot R_1 \cdot H_0 \cdot (R_1^2 - R^2)}{\sqrt{3} \cdot (R_1^2 - R^2)} + \frac{4 \cdot \mu_s \cdot \sigma_s \cdot V_0 \cdot \pi \cdot R \cdot (h_1 + \text{ход})}{\sqrt{3} \cdot V_0 \cdot (R_1^2 - R^2)} - \text{величина, позволяющая учесть усилие, которое возникает, когда пуансон тянет за собой отросток;}$$

\bar{p}_1 – приведенное давления процесса обратного выдавливания;

\bar{p}_2 – приведенное давление процесса радиального выдавливания.

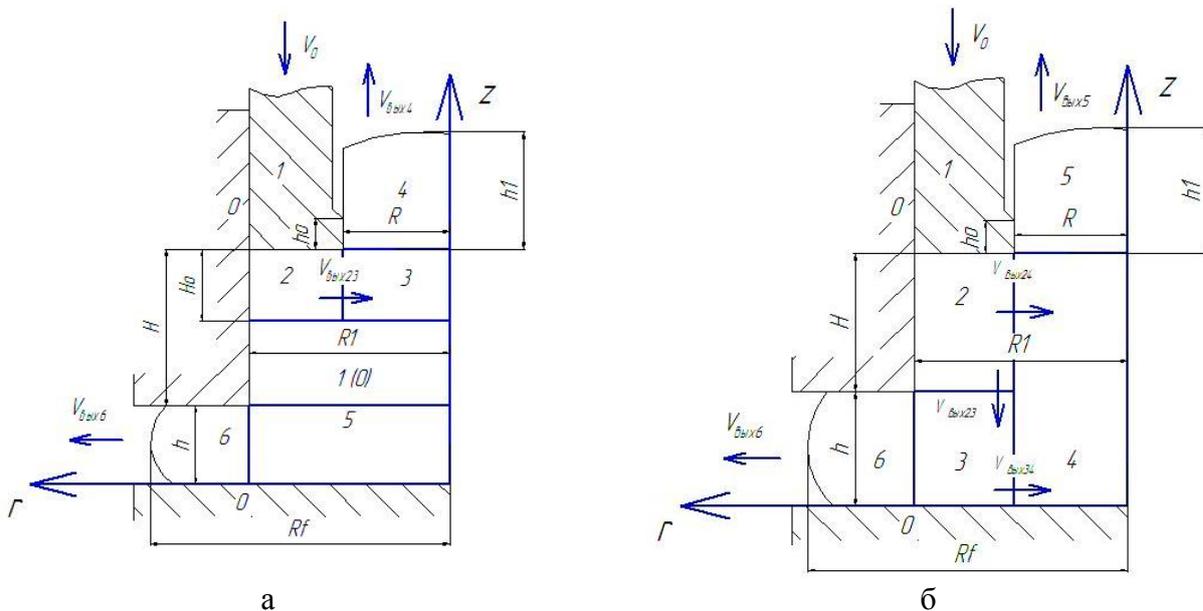


Рис. 1. Схемы разбивки ОД при комбинированном выдавливании

Согласно принятой методике [7], запишем кинематически возможные поля скоростей (КВПС) для всех зон в случае разъединенного очага деформации (табл. 1–2).

Таблица 1

КВПС для очага деформации сформированным обратным течением материала

Зона	Скорость V_z	Скорость V_r
1(0)	$V_{z1} = 0$	$V_{r1} = 0$
2	$V_{z2} = -\frac{V_0}{H_0} \cdot z + \frac{V_0}{H_0} (H + h - H_0)$	$V_{r2} = \frac{V_0}{2 \cdot H_0 \cdot r} \cdot (r^2 - R_1^2)$
3	$V_{z3} = -\frac{V_0 \cdot (R_1^2 - R^2)}{R^2 \cdot H_0} \cdot z + \frac{V_0 \cdot (R_1^2 - R^2)}{R^2 \cdot H_0} \cdot (h + H - H_0)$	$V_{r3} = \frac{V_0 \cdot (R_1^2 - R^2) \cdot r}{2 \cdot R^2 \cdot H_0}$
4	$V_{z4} = -\frac{V_0 \cdot (R_1^2 - R^2)}{R^2}$	$V_{r4} = 0$

Подставив в баланс мощностей полученные значения и сократив на величину $(\sigma_s \cdot V_0 \cdot \pi \cdot (R_1^2 - R^2))$ получили приведенное давление для комбинированного выдавливания при разъединенном очаге деформации.

С использованием программы MathCAD было определено приведенное давление процесса комбинированного выдавливания. Построены графики зависимости приведенного давления от разных геометрических параметров процесса (рис. 2).

Таблица 2

КВПС для очага деформации сформированным радиальным течением материала

Зона	Скорость V_z	Скорость V_r
1(0)	$V_{z1} = -V_0$	$V_{r1} = 0$
5	$V_{z5} = -\frac{V_0}{h} \cdot z$	$V_{r5} = \frac{V_0}{2 \cdot h} \cdot r$
6	$V_{z6} = 0$	$V_{r6} = -\frac{V_0 \cdot (R_1^2 - R^2)}{2 \cdot h \cdot r}$

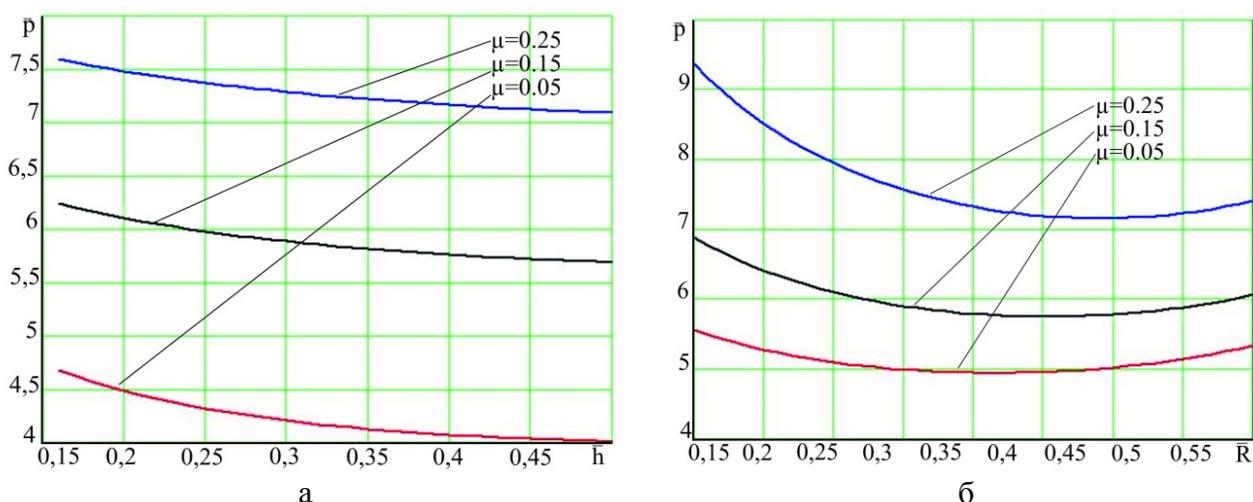


Рис. 2. Графики зависимости приведенного давления от относительной высоты фланца (а), от относительного радиуса отростка (б) при разных значениях трения для разъединенного ОД

График зависимости приведенного давления от относительной высоты фланца (рис. 2, а) показывает, что при увеличении относительной высоты фланца значения приведенного давления падают. Это связано с тем, что при таких условиях металлу проще заполнять большую полость за счет увеличения жесткости системы.

На рис. 2, б показан неоднозначный характер изменения приведенного давления при разных значениях относительного радиуса отростка. При $\bar{R} = 0.35 \div 0.40$ наблюдается минимум значений приведенного давления. Снижение части графиков связано с изменением жесткости системы, а их рост – с увеличением поверхности трения.

Анализируя совмещенный ОД, были получены значения КВПС (табл. 3). Параметром оптимизации была скорость перехода металла из блока 2 в блок 3. Минимальные значения были достигнуты при скорости $V_{\text{вых}23} = 0,25 \cdot V_0$.

Согласно полученному выражению приведенного давления для разбивки совмещенного очага деформации были построены графики зависимости приведенного давления от геометрических особенностей схемы комбинированного выдавливания с использованием программы MathCAD (рис. 3).

На рис. 3, а видно, что при увеличении относительной высоты фланца значения приведенного давления падают. Такой характер распределения значений наблюдается из-за снижения деформации во фланце.

Характер снижения приведенного давления сохраняется и при увеличении относительной высоты верхнего очага деформации (рис. 3, б). Это объясняется созданием более благоприятных условий течения металла в отросток.

Таблица 3

КВПС по схеме деформирования с совмещенным очагом деформации

Зона	Скорость V_z	Скорость V_r
2	$\left(V_{\text{вых}24} \cdot \frac{2 \cdot R \cdot H}{h \cdot (R_1^2 - R^2)} - 2 \cdot \frac{V_0}{h} \right) \cdot z -$ $-V_0 - \left(V_{\text{вых}24} \cdot \frac{2 \cdot R \cdot H}{h \cdot (R_1^2 - R^2)} - 2 \cdot \frac{V_0}{h} \right) \cdot (h + H)$	$-\frac{1}{2} \cdot \left(V_{\text{вых}24} \cdot \frac{2 \cdot R \cdot H}{h \cdot (R_1^2 - R^2)} - 2 \cdot \frac{V_0}{h} \right) \cdot r +$ $V_0 \cdot \frac{(R_1^2 - R^2)}{2 \cdot H} - V_{\text{вых}23} \cdot \frac{(R_1^2 - R^2)}{2 \cdot H} +$ $V_{\text{вых}24} \cdot \frac{R^3 \cdot H}{h \cdot (R_1^2 - R^2)} - V_0 \cdot \frac{R^2}{h}$ $+ \frac{r}{r}$
3	$\left[\frac{V_0}{h} - V_{\text{вых}24} \cdot \frac{2 \cdot R \cdot H}{h \cdot (R_1^2 - R^2)} \right] \cdot z$	$-\frac{1}{2} \cdot \left[\frac{V_0}{h} - V_{\text{вых}24} \cdot \frac{2 \cdot R \cdot H}{h \cdot (R_1^2 - R^2)} \right] \cdot r$
4	$-V_{\text{вых}34} \cdot \frac{2 \cdot z}{R}$	$\frac{1}{2} \cdot V_{\text{вых}34} \cdot \frac{2 \cdot r}{R}$
5	$-V_0 \cdot \frac{(R_1^2 - R^2)}{R^2}$	0
6	0	$-V_0 \cdot \frac{(R_1^2 - R^2)}{2 \cdot r}$

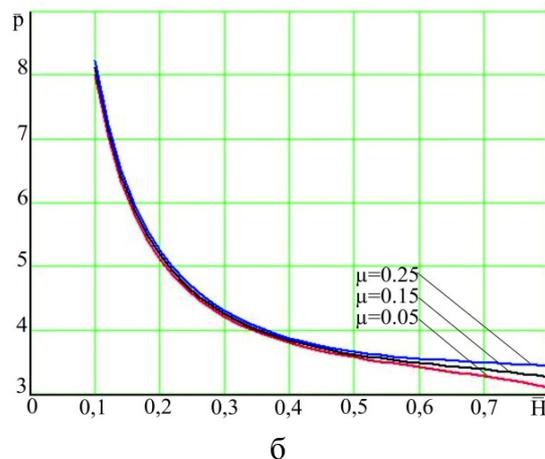
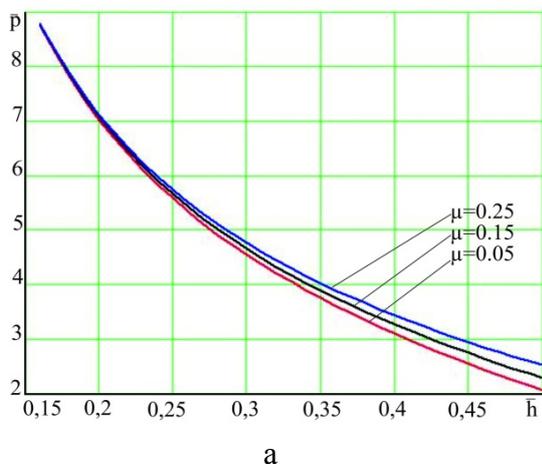


Рис. 3. Графики зависимости приведенного давления от относительной высоты фланца (а), относительной высоты верхнего очага деформации (б) при разных значениях трения для совмещенного ОД

Анализируя характер распределения кривых видим, что распределение значений по координатной плоскости совпадает, что говорит о похожей картине напряженного состояния в разных ОД.

После сравнения полученных результатов приведенного давления комбинированного выдавливания с разными очагами деформации, было установлено, что при разъединённом ОД наблюдается снижение энергосиловых параметров, как и прогнозировалось. Подобное происходит за счет уменьшения площадок трения заготовки с инструментом. Разница между полученными результатами при сравнении разных ОД колеблется в пределах 20–40 % для разных геометрических параметров.

ВЫВОДЫ

Использование комбинированных простых схем выдавливания открывает резервы для получения штампуемой детали с усложнением формы и сокращения количества технологических переходов.

Методом баланса мощностей разработана математическая модель комбинированного радиально-обратного выдавливания. Установлены зависимости приведенного давления от геометрических параметров процесса для схем с разными очагами деформации. Проанализировано влияние вида очага деформации на энергосиловые параметры.

Было установлено, что при разьединённом ОД наблюдается снижение энергосиловых параметров, как и прогнозировалось. Подобное происходит за счет уменьшения площадок трения заготовки с инструментом. Разница между полученными результатами при сравнении разных ОД колеблется в пределах 20–40% для разных геометрических параметров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *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. *Деревенько И. А. Деформируемость и качество заготовок в условиях комбинированного формоизменения / И. А. Деревенько – Обработка металлов давлением : сборник научных трудов. – Краматорск : ДГМА, 2012. – № 3 (32). – С. 80–86.*
3. *Алиева Л. И. Комбинированное выдавливание втулок с фланцем / Л. И. Алиева – Прогрессивные методы и технологическое оснащение процессов ОМД. Сб. тезисов междунар. научн.-техн. конф. – СПб.: Изд-во ПИМаиш, 2005. – С. 23–26.*
4. *Алиев И. С. Теоретический анализ процесса комбинированного радиально-обратного выдавливания / И. С. Алиев, Н. С. Грудкина – Обработка материалов давлением : сборник научных трудов. – Краматорск : ДГМА, 2008 – С. 55–60.*
5. *Алиев И. С. Моделирование процесса радиально-обратного выдавливания полых деталей с фланцем энергетическим методом / И. С. Алиев, Н. С. Грудкина, С. В. Мартынов – Вестник национального технического университета «ХПИ» : сб. науч. тр. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2009. – № 31. – С. 83–88.*
6. *Алиев И. С. Особенности использования энергетического метода в решении технологических задач комбинированного выдавливания / И. С. Алиев, Н. С. Грудкина – II научно-техническая конференция молодых специалистов «Энергомашспецсталь 2008», Краматорск, 2008, – С. 28–29.*
7. *Евстратов В. А. Теория обработки металлов давлением / В. А. Евстратов – Харьков : Вища школа. 1981. – 248 с.*