

УДК 621.774

Алиева Л. И.  
Жбанков Я. Г.  
Грудкина Н. С.

## ФОРМОИЗМЕНЕНИЕ ДЕТАЛИ В ПРОЦЕССЕ КОМБИНИРОВАННОГО РАДИАЛЬНО-ОБРАТНОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ

При изготовлении различных машин и механизмов часто используются полые детали типа стаканов и втулок с фланцами. Детали такого типа используются в качестве корпусов, креплений, опорных поверхностей и т. д.

На машиностроительных предприятиях такие детали в основном изготавливаются механической обработкой резанием. Детали, получаемые данным способом, характеризуются пониженными эксплуатационными характеристиками за счет перерезанных волокон, а процессу изготовления этих деталей присущи повышенная трудоемкость и низкий коэффициент использования металла за счет удалений излишков металла в стружку. Последняя особенность является особо важной при изготовлении деталей из дорогостоящих цветных металлов и сплавов [1, 2].

Альтернативой способам механической обработки являются способы обработки металлов давлением, особое место среди которых занимает холодная объемная штамповка. Данный вид обработки обладает такими достоинствами, как благоприятная макроструктура металла после деформаций за счет его проработки (возможно, заменять марки материалов за счет повышения механических характеристик материала) и отсутствия перерезанных волокон, высоким коэффициентом использования металла (при выдавливании деталей простых форм может достигать до 100 %).

Недостатком способов холодной штамповки является повышенные нагрузки на инструмент, что приводит к быстрому его износу, выходу из строя и невозможности штамповать трудно деформируемые сплавы. Поэтому создание и исследование новых схем штамповки, которые позволяют снизить нагрузки на инструмент и расширить номенклатуру штампуемых изделий является актуальным.

К способам штамповки полых деталей типа стакан с фланцем, позволяющим снизить силу выдавливания по отношению к традиционно используемым процессам продольного и поперечного выдавливания, относится способ комбинированного радиально-обратного выдавливания (рис. 1). Снижение сил выдавливания в этом способе обусловливается наличием дополнительных степеней течения металла [3, 4].

При выдавливании по схеме комбинированного радиально-обратного выдавливания возможно появление на дне стакана при интенсивном течении металла вверх вертикальной утяжины (рис. 2, а), а при интенсивном течении металла во фланец, возможно появление радиальной утяжины и неприлегание фланца (рис. 2, б–в). На рис. 3 представлены дефекты в виде утяжин и неприлегания фланца полученные моделированием в «QForm-2D».

Таким образом, применение комбинированного выдавливания на производстве может сдерживаться недостатком рекомендаций по параметрам формоизменения.

Целью данной работы является исследование закономерностей появления вертикальной утяжины на дне стакана и влияние на ее образование геометрических параметров процесса комбинированного радиально-обратного выдавливания.

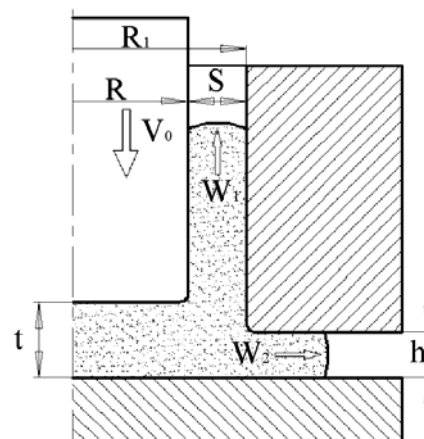


Рис. 1. Схема процесса комбинированного радиально-обратного выдавливания

Исследования проводились с помощью метода конечных элементов реализованного в программе «QForm-2D». Метод конечных элементов позволяет с достаточной степенью достоверности определять параметры формоизменения в процессах выдавливания [5]. Производилось моделирование комбинированного радиально-обратного выдавливания сплошной заготовки из материала АД1. Трение задавалось константой поверхности по А. Н. Леванову равной 0,2, кривая упрочнения материала заготовки задавалась в виде аппроксимированной зависимости  $\sigma_s = 131 \cdot e^{0.28}$ , модуль Юнга 75000 МПа, коэффициент Пуассона 0,32. Моделировалось выдавливание стакана с фланцем с размерами  $R_1 = 22,5$ ;  $h = [1..6]$  мм  $S = [3,5..14,5]$  мм.

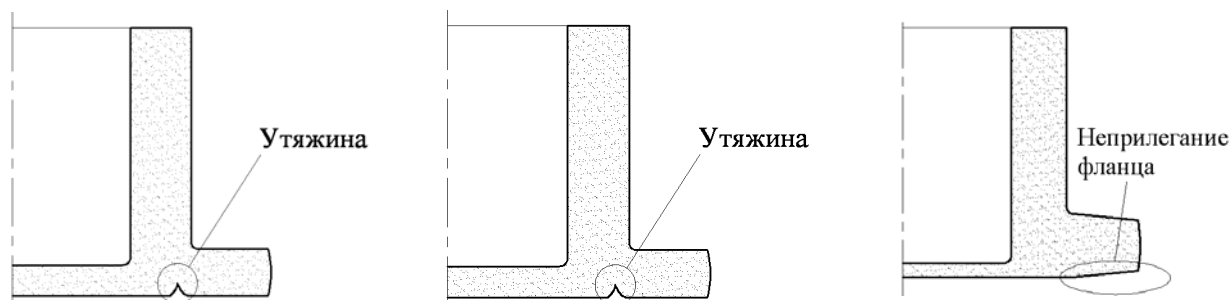


Рис. 2. Дефекты, возникающие при комбинированном радиально-обратном выдавливании

Установлено, что утяжина в нижней части детали образуется на последней стадии выдавливания, когда течения металла в радиальном направлении практически отсутствует, а основная часть металла заготовки течет вертикально вверх.

Проведен ряд математических экспериментов выдавливания нескольких типоразмеров стаканов с фланцами.

Установлено, что при увеличении высоты выдавливаемого фланца толщина выдавливаемой стенки стакана, при которой будет возникать утяжина, также увеличивается. Это объясняется тем, что при большей высоте фланца металлу легче течь в радиальном направлении, и появление утяжины возможно только при увеличении толщины выдавливаемой стенки стакана.

По полученным данным (табл. 1) была построена диаграмма (рис. 4) для определения геометрических параметров детали типа стакана с фланцем, который возможно получить комбинированным выдавливанием без образования вертикальной утяжины. На диаграмме показаны зоны, в которых находятся геометрические параметры процесса, при которых не будет возникать утяжина.

Геометрические размеры выдавливаемого стакана с фланцем, приведенные в табл. 1, описывают начало образования вертикальной утяжины.

Были проведены экспериментальные исследования схемы комбинированного радиально-обратного выдавливания. Исследования проводились по выдавливанию деталей с различными типоразмерами. Так внутренние радиусы матриц брались равными 28 мм, 36 мм и 45 мм, а пуансон брался диаметром 21 мм.

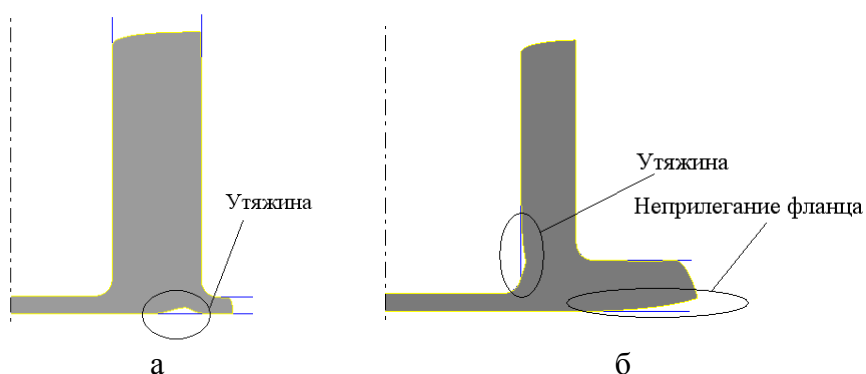


Рис. 3. Результаты моделирования в «QForm-2D»: а – образование вертикальной утяжины; б – образование радиальной утяжины и неприлегания фланца

Таблица 1

Геометрические параметры стакана с фланцем при начале образования вертикальной утяжины, полученные численным моделированием в пакете «QForm-2D»

h, мм	R, мм	t, мм	S, мм	S/R1	t/R1	h/R1
1	8	8,9	14,5	0,644444	0,395556	0,044444
	10	7,46	12,5	0,555556	0,331556	
	12	5,07	10,5	0,466667	0,225333	
	14	3,38	8,5	0,377778	0,150222	
	16	2,68	6,5	0,288889	0,119111	
	18	1,936	4,5	0,2	0,086044	
	19	1,186	3,5	0,155556	0,052711	
2	8	8,68	14,5	0,644444	0,385778	0,088889
	10	6,54	12,5	0,555556	0,290667	
	12	4,6	10,5	0,466667	0,204444	
	14	3,49	8,5	0,377778	0,155111	
	16	2,2	6,5	0,288889	0,097778	
	18	1,857	4,5	0,2	0,082533	
	19	0,492	3,5	0,155556	0,021867	
3	8	6,2	14,5	0,644444	0,275556	0,133333
	10	4,6	12,5	0,555556	0,204444	
	12	3,78	10,5	0,466667	0,168	
	14	2,28	8,5	0,377778	0,101333	
	16	1,516	6,5	0,288889	0,067378	
	18	1,272	4,5	0,2	0,056533	
4	8	9,5	14,5	0,644444	0,422222	0,177778
	10	3,85	12,5	0,555556	0,171111	
	12	2,97	10,5	0,466667	0,132	
	14	2,6	8,5	0,377778	0,115556	
	16	1,42	6,5	0,288889	0,063111	
5	10	5,44	12,5	0,555556	0,241778	0,222222
	12	4,6	10,5	0,466667	0,204444	
	14	3,03	8,5	0,377778	0,134667	
6	8	5,42	14,5	0,644444	0,240889	0,266667
	10	2,98	12,5	0,555556	0,132444	
	12	2,37	10,5	0,466667	0,105333	

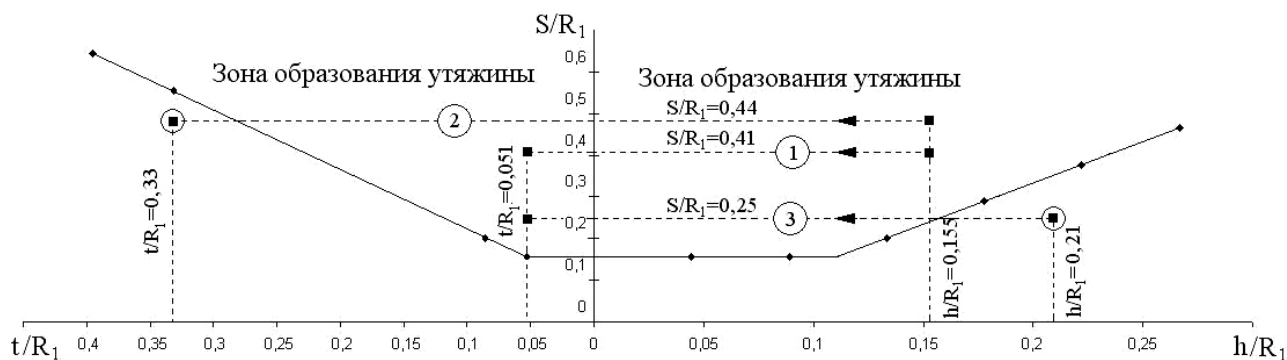


Рис. 4. Диаграмма для определения размеров деталей, которые возможно получить комбинированным выдавливанием без образования утяжин

Были получены детали с вертикальными утяжинами, расположенными на дне стакана. Полученные детали разрезались пополам и обрабатывались на шлифовальном круге, профиль деталей представлен на рис. 5. На диаграмму (см. рис. 4) были нанесены точки, указывающие размеры деталей, полученных с образованием вертикальной утяжины (■) и без утяжины (●).

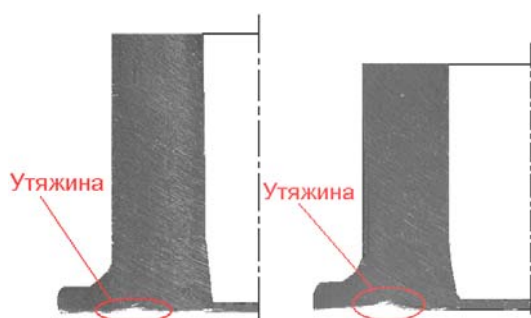


Рис. 5. Детали, полученные радиально-обратным выдавливанием

Из рис. 5 видно, что детали, полученные с утяжиной, имеют геометрические параметры, попадающие в зону утяжин на диаграмме (деталь 1). Вторая и третья детали были получены без образования утяжины и, как показано на рис. 4, геометрические параметры не попадают в области образования утяжины, что подтверждает адекватность полученных теоретических решений и позволяет рекомендовать к использованию данную диаграмму при разработке технологических процессов штамповки деталей типа стаканов с фланцем радиально-обратным комбинированным выдавливанием.

### ВЫВОДЫ

Процессы комбинированного радиально-обратного выдавливания являются перспективными, с точки зрения получения сложно профилированных полых деталей, и обладают таким достоинством, как пониженные силовые нагрузки на инструмент за счет дополнительных степеней свободы течения металла.

В процессах комбинированного радиально-обратного выдавливания возникают такие дефекты, как вертикальная и горизонтальная утяжины, неприлегание фланца.

Недостаток в рекомендациях по прогнозированию данных дефектов является сдерживающим фактором внедрения данных процессов в производство.

Проведены численные эксперименты по комбинированному выдавливанию стаканов с фланцем в пакете «QForm-2D». На основании полученных теоретических данных построена графическая зависимость для определения параметров деталей, которые возможно получать без образования утяжины.

Проведены экспериментальные исследования, подтверждающие адекватность полученных теоретических результатов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Cold Forging of Hollow Cylindrical Components Having an Intermediate Flange – Ubet Analysis and Experiment.* / H. Kudo, B. Avitzur, T. Yoshikai, J. Luksza a.o. // *CIRP Annalen.* – 1980. – № 29. – P. 129–133.
2. Алиев И. С. Технологические возможности новых способов комбинированного выдавливания / И. С. Алиев // *Кузнечно-штамповочное производство.* – 1990. – № 2. – С. 7–9.
3. Алиева Л. И. Комбинированное выдавливание полых деталей с фланцем / Л. И. Алиева, Я. Г. Жбанков, С. В. Мартынов, Б. С. Мороз // *Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні : тематичний зб. наук. пр. – Краматорськ, 2007. – С. 231–236.*
4. Комбинированное выдавливание полых деталей с фланцем / Л. И. Алиева, Р. С. Борисов, Я. Г. Жбанков, Б. С. Мороз // *Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні : тематичний зб. наук. пр. – Краматорськ, 2008. – С. 45–48.*
5. Алиева Л. И. Исследование процессов радиального выдавливания методом конечных элементов / Л. И. Алиева, Я. Г. Жбанков П. Абхари // *Обработка металлов давлением : сборник научных трудов. – Краматорск : ДГМА. – 2009. – № 1 (20). – С. 19–24.*

Алиева Л. И. – канд. техн. наук, ст. преподаватель кафедры ОМД ДГМА;

Жбанков Я. Г. – аспирант ДГМА;

Грудкина Н. С. – аспирант ДГМА.

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

E-mail: omd@dgma.donetsk.ua