

УДК 621.735

Ашкелянец А. В.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ ВНЕДРЕНИИ ВРЕЗНОГО КОЛЬЦА

Основной проблемой при изготовлении дисков с уступами свободной ковкой является то, что при использовании существующей технологии, а именно осадки в подкладном кольце, невозможно получить уступ, высота которого в несколько раз превышает высоту полотна диска. Типичные детали дисков с уступами приведены на рис. 1. При этом часть уступа, которая не выполняется при осадке в подкладном кольце, закрывается кузнечным напуском. В последующем этот напуск удаляют при механической обработке, что приводит к повышенным энерго- и металлозатратам.

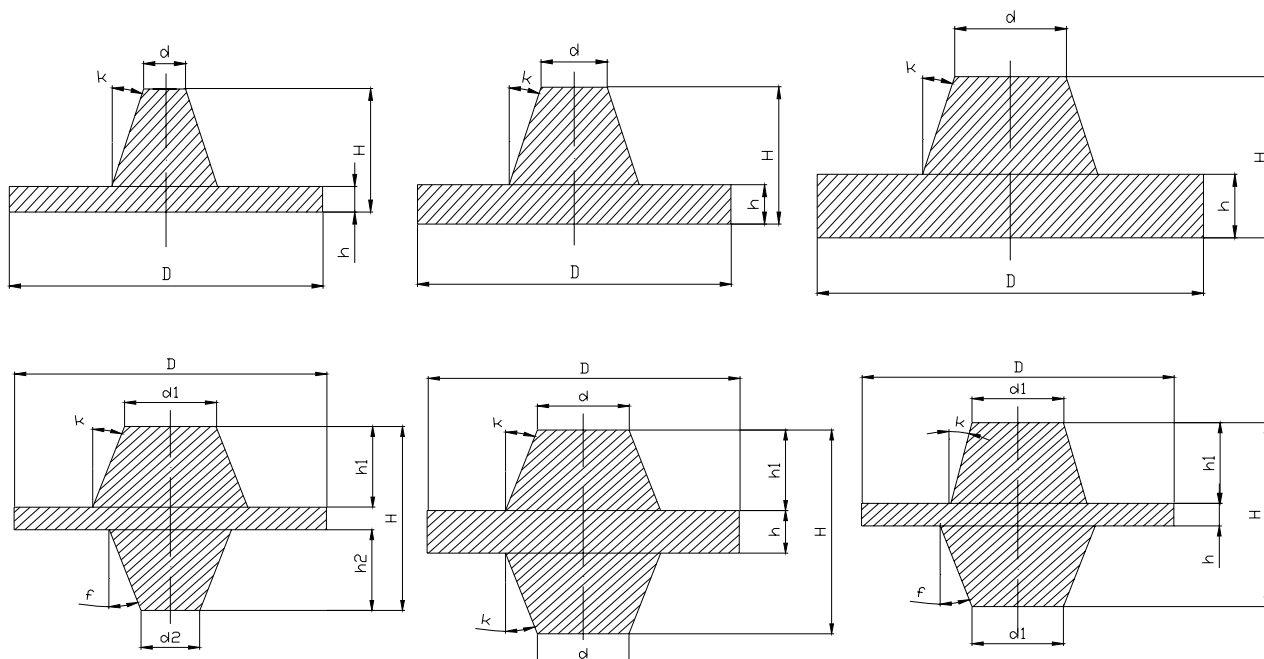


Рис. 1. Типичные детали дисков с уступами:

$D$  – диаметр диска;  $d$ ,  $d_1$ ,  $d_2$  – диаметры втулки;  $H$  – высота диска по втулке;  $h$ ,  $h_1$ ,  $h_2$  – высоты втулки;  $k$ ,  $f$  – углы конусности втулки

Основным процессом получения такого типа поковок является объемная штамповка [1], которая оправдывает себя при большой серийности. При небольшой серийности процесс штамповки становится экономически не выгодным. В этом случае применяют свободную ковку, при использовании которой возможно получение требуемой формы при наилучших эксплуатационных характеристиках [2]. Исследование сочетаний основных ковочных операций для получения требуемой формы представляет большой интерес [3]. Однако существующим кузнечным инструментом возможно получение дисков с небольшими по высоте уступами.

Задачей данного исследования является получение свободной ковкой уступа, высота которого в несколько раз превышает высоту полотна диска, без назначения кузнечного напуска (или при его минимальном значении). Вследствие этого уменьшатся энерго- и металлозатраты, что в настоящее время является актуальным.

Целью работы является разработка ресурсосберегающих технологий изготовления дисков с уступами с применением врезных колец. Это достигается на основе изучения

основных закономерностей формоизменения металла при осадке в подкладном кольце, а также определение деформационных условий максимального приближения формы и размеров поковки к готовому изделию.

В статье представлено решение данной задачи за счет внедрения нового технологического инструмента – «врезных колец». Ковка дисков с уступом при использовании предложенного нового технологического инструмента – «врезного кольца» дает возможность получить уступ, высота которого в несколько раз будет превышать высоту полотна диска. В этом случае нет необходимости в дополнительной механической обработке, которую применяют для удаления кузнечного напуска. Это достигается за счет того, что уступ формируется врезным конусным кольцом, после чего осадкой в подкладном кольце формируют только полотно диска.

Способковки дисков с уступами при использовании врезного конусного кольца включает следующие основные технологические операции: внедрение конусного кольца при осадке и последующая осадка в подкладном кольце. Вначале заготовку осаживают, при этом операцию осадки выполняют в две стадии. Первую осадку выполняют с помощью врезного конусного кольца с заданным внешним углом конусности, а также с заданным внутренним конусным отверстием с углом конусности (диаметр центрального отверстия должен соответствовать диаметру уступа диска). Вторую стадию осадки выполняют после удаления врезного конусного кольца и последующей кантовки на  $180^\circ$  в подкладном кольце, где происходит окончательное формирование уступа.

В качестве факторов, для составления полного факторного эксперимента (ПФЭ), которые влияют на формоизменение заготовки при внедрении врезного конусного кольца, были выбраны следующие:  $\alpha_{вн}$  – внутренний угол конусности врезного кольца ( $X_1$ );  $\alpha_{нар}$  – наружный угол конусности врезного кольца ( $X_2$ );  $d_{отв.}/D_3$  – отношение диаметра центрального отверстия к диаметру заготовки ( $X_3$ );  $h_{внедр.}/H_3$  – отношение глубины внедрения врезного кольца к высоте заготовки ( $X_4$ ). Для решения поставленной задачи был составлен план полного факторного эксперимента с варьированием 4-х факторов на 2-х уровнях [4].

При варьировании диаметра центрального отверстия кольца ( $d_{отв.} = 15$  и  $25$  мм) бралось отношение его величины к начальному диаметру заготовки ( $D_3 = 40$  мм), т. е.  $d_{отв.}/D_3 = 15/40$  (0,375);  $25/40$  (0,625). Глубина внедрения врезного кольца  $h_{внедр.}$  принималась равной  $1/3$  и  $2/3$  от начальной высоты заготовки  $H_3$ , т. е. отношение  $h_{внедр.}/H_3 = 0,333$  и  $0,666$  ( $1/3$  и  $2/3$ ).

Интервалы, в которых варьировались исследуемые факторы, находятся в следующих пределах:

- внутренний угол конусности врезного кольца –  $\alpha_{вн} = 2...6^\circ$ ;
- наружный угол конусности,  $\alpha_{нар} = 15...45^\circ$ ;
- отношение диаметра центрального отверстия к диаметру заготовки,  $d_{отв.}/D_3 = 0,375...0,625$ ;
- отношение глубины внедрения врезного кольца к высоте заготовки,  $h_{внедр.}/H_3 = 0,333...0,666$ .

После выбора факторов и определения интервалов варьирования каждого из них, была составлена расширенная таблица полного факторного эксперимента (табл. 1).

После составления плана полного факторного эксперимента в лаборатории кафедры обработки металлов давлением им. акад. Чекмарёва А. П. Национальной металлургической академии Украины (г. Днепропетровск) было выполнено экспериментальное исследование, которое соответствовало первой стадии операции осадки по предложенной технологии. Эта стадия включала в себя внедрение в заготовку врезного конусного кольца. После проведения эксперимента были получены экспериментальные образцы. Типичная форма образцов (в поперечном сечении), полученных при внедрении врезного кольца по различным схемам деформации приведены на рис. 2.

Таблица 1

Расширенная таблица ПФЭ

№	$X_1,$ $\alpha_{вн}$	$X_2,$ $\alpha_{нар}$	$X_3,$ $d_{отв.}/D_3$	$X_4,$ $h_{внедр.}/H_3$	$X_1,$ $\alpha_{вн}$	$X_2,$ $\alpha_{нар}$	$X_3,$ $d_{отв.}/D_3$	$X_4,$ $h_{внедр.}/H_3$
1	+	+	+	+	6	45	0,625	0,333
2	-	+	+	+	2	45	0,625	0,333
3	+	-	+	+	6	15	0,625	0,333
4	-	-	+	+	2	15	0,625	0,333
5	+	+	-	+	6	45	0,375	0,333
6	-	+	-	+	2	45	0,375	0,333
7	+	-	-	+	6	15	0,375	0,333
8	-	-	-	+	2	15	0,375	0,333
9	+	+	+	-	6	45	0,625	0,666
10	-	+	+	-	2	45	0,625	0,666
11	+	-	+	-	6	15	0,625	0,666
12	-	-	+	-	2	15	0,625	0,666
13	+	+	-	-	6	45	0,375	0,666
14	-	+	-	-	2	45	0,375	0,666
15	+	-	-	-	6	15	0,375	0,666
16	-	-	-	-	2	15	0,375	0,666

Измерение полученных размеров образцов выполнялось в 8-ми сечениях, кроме диаметров, которые были определены по результатам замеров в 4-х сечениях (рис. 3). После этого были получены средние значения каждого из размеров и среднее значение по опыту с учетом дублирования. Для анализа формоизменения заготовки представляют интерес построение зависимости изменения высоты заготовки в процессе деформации от наружного угла конусности внедряемого кольца. Эти зависимости представлены на рис. 4 и 5. В качестве параметра, который характеризует изменение высоты заготовки, выбираем отношение  $H_k$  к начальной высоте заготовки  $H_3$ .

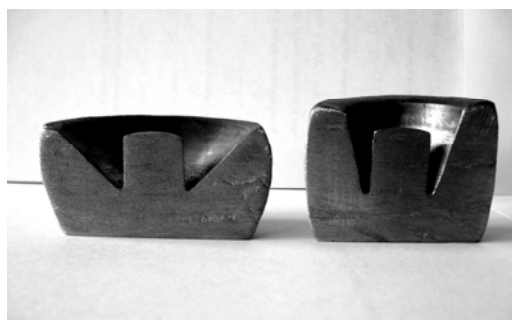


Рис. 2. Фото полученных образцов

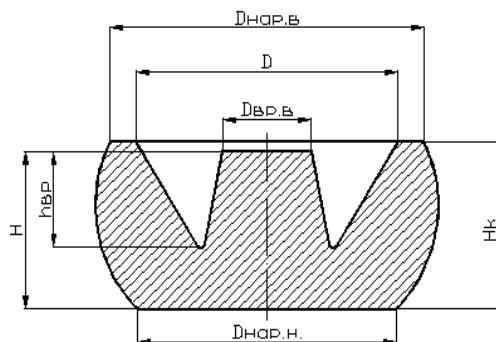
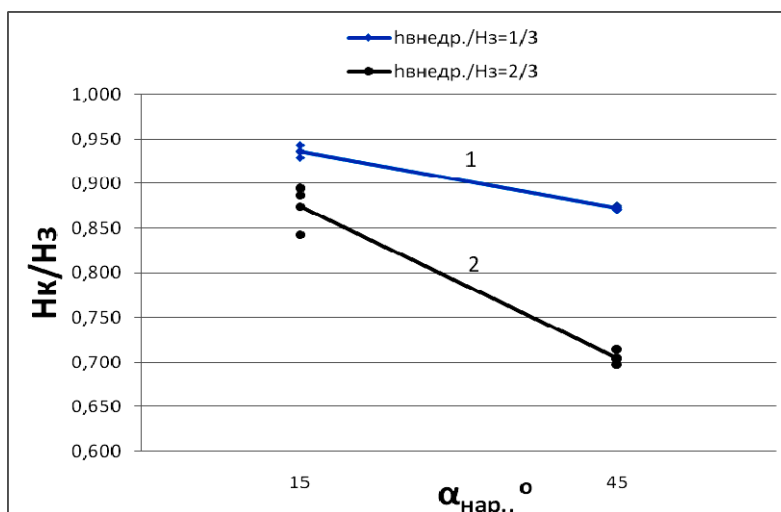


Рис. 3. Форма заготовки после внедрения врезного кольца

На рис. 4. приведены кривые при использовании инструмента со следующими геометрическими размерами:  $d_{омв.}/D_3 = 0,375$ ,  $\alpha_{вн} = 6^\circ$ . Кривая 1 соответствует глубине внедрения врезного кольца на  $1/3$  высоты заготовки  $H_3$ ; кривая 2 – при внедрении врезного кольца на  $2/3$  высоты заготовки  $H_3$ . При анализе кривой 1 можно отметить, что при увеличении наружного угла конусности значение высотного показателя  $H_k/H_3$  снижается, это в свою очередь свидетельствует о том, что образец осаживается.

Рис. 4. Графики зависимости высотного показателя  $H_k/H_3$  от наружного угла конусности врезного кольца  $\alpha_{нар}$ 

Хотелось бы обратить внимание на кривую 2. В этом случае при одной и той же геометрии инструмента, но при увеличении глубины внедрения врезного кольца наблюдается большее значение уменьшения высоты заготовки. Это свидетельствует о том, что при внедрении врезного кольца схема деформации максимально приближается к операции осадки.

На рис. 5 представлена зависимость, которая аналогична рис. 4, но в этом случае использовался инструмент при  $d_{омв.}/D_3 = 0,625$ ,  $\alpha_{вн.} = 6^\circ$ . При анализе данных графиков можно отметить, что изменение высоты заготовки при внедрении врезного кольца практически идентично с изменением высоты заготовки в случае, когда использовался инструмент с  $d_{омв.}/D_3 = 0,375$  (рис. 4). Однако при увеличении отношения  $d_{омв.}/D_3$  с  $0,375$  до  $0,625$  наблюдается более значительное уменьшение высоты заготовки после внедрения врезного кольца. Так при сравнении рис. 4 и рис. 5, видно количественное отличие каждого из значений. Это свидетельствует о том, что больший объем металла попадает в полость центрального отверстия врезного кольца и это приводит к более значительному уменьшению высоты заготовки.

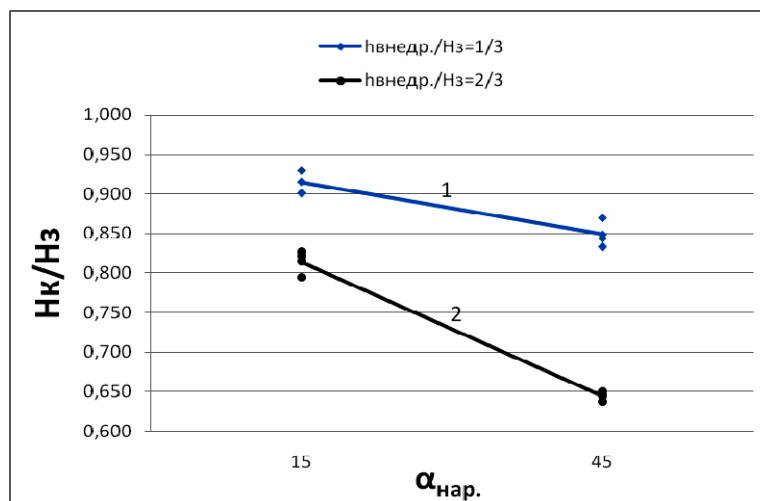


Рис. 5. Графики зависимости высотного показателя  $H_k/H_z$  от наружного угла конусности врезного кольца  $\alpha_{нар}$

### ВЫВОДЫ

1. Для получения свободной ковкой поковок типа дисков с уступами был разработан новый технологический инструмент – «врезное кольцо». Этот инструмент дает возможность выполнить формирование уступа, который по высоте в несколько раз превышает высоту полотна диска. Этому инструменту будет использоваться перед осадкой в подкладном кольце, что даст возможность получить уступ максимально приближенный к чертежу поковки без дополнительной механической обработки.

2. Для исследования формоизменения металла при внедрении врезного конусного кольца был составлен план эксперимента с вариацией 4-х факторов на 2-х уровнях. В качестве факторов, влияющих на течение металла, были выбраны:  $\alpha_{вн}$  – внутренний угол конусности врезного кольца;  $\alpha_{нар}$  – наружный угол конусности врезного кольца;  $d_{отс}/D_3$  – отношение диаметра центрального отверстия врезного кольца к диаметру заготовки;  $h_{внедр}/H_3$  – отношение глубины внедрения врезного кольца к высоте заготовки.

3. Были получены и обработаны экспериментальные данные, на основании которых были построены и проанализированы графики зависимости высотного показателя  $H_k/H_z$  от наружного угла конусности врезного кольца  $\alpha_{нар}$ . По результатам можно отметить, что увеличение наружного угла конусности  $\alpha_{нар}$  приводит к уменьшению конечной высоты заготовки, которая в свою очередь описывается высотным показателем  $H_k/H_z$ .

4. В дальнейшем будет выполнена вторая часть эксперимента, которая будет соответствовать второй стадии операции осадки, а именно осадке в подкладном кольце.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Артес А. Э. Совершенствование технологии производства поковок фланца / А. Э. Артес // Кузнечно-штамповочное производство. – 2000. – № 1. – С. 15–17.
2. Производство поковок ротора униполярного генератора / [В. А. Тюрин, Е. Д. Орлов, В. В. Овечкин, Б. А. Ечеистов] // Кузнечно-штамповочное производство. – 2000. – № 1. – С. 15–17.
3. Зимин Ю. А. Система процессовковки, анализ и совершенствование кузнечных операций / Ю. А. Зимин // Кузнечно-штамповочное производство. – 2000. – № 7. – С. 6–9.
4. Новик Ф. С. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования эксперимента / Ф. С. Новик, Я. Б. Арсов. – М.: Машиностроение; София: Техника, 1980. – 304 с.

Ашкелянец А. В. – аспирант НМетАУ.

НМетАУ – Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепропетровск.

E-mail: antoha015@rambler.ru