

УДК 621.735

Ашкелянец А. В.
Чухлеб В. Л.**АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ
ВНУТРЕННЕГО УГЛА КОНУСНОСТИ НА ВЫСОТУ УСТУПА
ПРИ ВНЕДРЕНИИ «ВРЕЗНОГО КОЛЬЦА»**

Процессыковки отличаются универсальностью получаемого изделия и высокой металлоемкостью. Высокая металлоемкость обусловлена большим значением допускаемых отклонений и припусков на механическую обработку. Кроме этого при изготовлении деталей сложной формы в большинстве случаев проектируемая поковка представляет собой геометрическую фигуру простой формы, а всякое отличие от ее формы закрывается кузнечным напуском. Однако даже при изготовлении деталей простой формы существует так называемая «технологическая выполнимость» элементов изготавливаемой детали. При невозможности изготовления ковкой элементов детали (даже если она является простой геометрической фигурой) она приближается к форме той детали, которая технологически выполнима, что достигается так же за счет назначения кузнечного напуска. Типичной формой детали с простой геометрией является деталь дисков с уступами [1]. Основными параметрами, характеризующими данную деталь, является величина диаметра диска, диаметра втулки, высоты диска, высоты уступа. Технологически выполнимыми являются детали, у которых высота диска приближается к высоте втулки. Если высота уступа в несколько раз превышает высоту полотна диска, то в этом случае часть уступа, которая не выполняется при осадке в подкладном кольце, закрывается кузнечным напуском.

Похожее соотношение величины уступа к полотну диска можно получить при штамповке поковок. Но недостатком этой технологии является, то, что эти поковки имеют вес до 250 кг, а получение большей массы поковки невозможно [2]. Из разнообразия поковок для дисков, изготовленных ковкой на прессах, можно выделить четыре группы, которые отличаются по форме и соотношением основных размеров [1]. Данные поковки изготавливают процессами фасоннойковки, а также протяжкой. Перейдем к более детальному рассмотрению этих процессов. Фасонной называют ковку, в результате которой получают поковки сложной формы благодаря применению разных специальных устройств и подкладных штампов. Фасонную ковку возможно применять в тех случаях, когда затраты на изготовление специальных инструментов и подкладных штампов полностью оправдываются снижением себестоимости изготовления деталей, полученных из фасонных поковок [3].

Задачей данного исследования является получение дисков с уступом, высота которого в несколько раз превышает высоту полотна диска без назначения значительного кузнечного напуска. Эта задача решается путем внедрения разработанного авторами нового технологического инструмента «врезное кольцо».

Цель работы состоит в исследовании формоизменения металла при внедрении нового технологического инструмента «врезное кольцо» в цилиндрическую заготовку на этапе формирования объема металла для последующего получения уступа. Для этого была получена зависимость высоты получаемого уступа от геометрии деформирующего инструмента «врезное кольцо».

Перед составлением плана эксперимента было определено влияние каких факторов будет изучаться. В данном случае изучалось влияние следующих факторов:

$\alpha_{вн.}$ – внутренний угол конусности «врезного кольца»;

$\alpha_{нар.}$ – наружный угол конусности «врезного кольца»;

$d_{отв.}/D_3$ – отношение диаметра нижней части центрального отверстия «врезного кольца» к диаметру заготовки;

$h_{внедр.}/H_3$ – отношение глубины внедрения «врезного кольца» к высоте заготовки.

Внутренний и наружный углы конусности дают возможность сформировать объем металла после внедрения «врезного кольца» для более рационального течения металла при последующей осадке в подкладном кольце. Путем изменения геометрии нового технологического инструмента «врезного кольца», можно управлять получаемой формой конечного изделия за счет перераспределения объема металла после внедрения «врезного кольца».

Центральное отверстие дает возможность сформировать уступ перед осадкой в подкладном кольце и при последующей осадке в подкладном кольце происходит формирование только полотна диска.

Глубина внедрения врезного кольца дает возможность оценить технологичность использования данного инструмента.

Для решения поставленной задачи был составлен план полного факторного эксперимента с варьированием 4-х факторов на 2-х уровнях [4]. 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).

Интервалы, в которых варьировались исследуемые факторы, находились в пределах, которые представлены в табл. 1.

Таблица 1

Матрица полного факторного эксперимента (ПФЭ)

№	$X_1, \alpha_{вн.}, ^\circ$	$X_2, \alpha_{нар.}, ^\circ$	$X_3, d_{отв.}/D_3$	$X_4, h_{внедр.}/H_3$
Верхний уровень	6	45	0,625	0,666
Нижний уровень	2	15	0,375	0,333
Нулевой уровень	4	30	0,5	0,499
Интервал варьирования	2	15	0,125	0,166

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

Обмер полученных образцов был выполнен в 8-ми сечениях, кроме диаметров, которые были определены по результатам замеров в 4-х сечениях [5].

Для анализа формоизменения заготовки представляет интерес построение зависимости изменения высоты получаемого уступа в процессе деформации от внутреннего угла конусности внедряемого «врезного кольца». Графики этих зависимостей представлено на рис. 1–2.

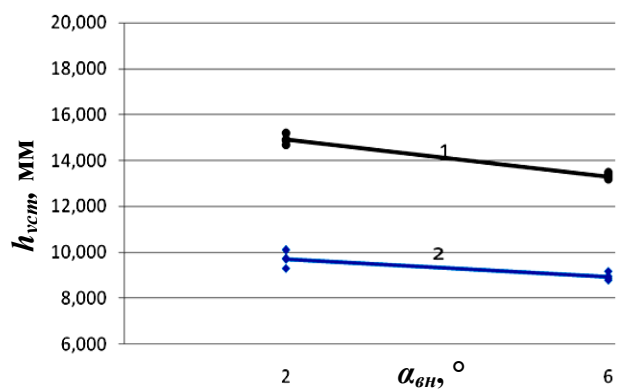


Рис. 1. Изменение высоты уступа в зависимости от внутреннего угла конусности врезного кольца (при этом $d_{отв.}/D_3 = 0,375$, $\alpha_{нар.} = 15^\circ$)

На рис. 1 приведены кривые, которые описывают влияние внутреннего угла конусности на высоту сформированного уступа при использовании инструмента со следующими геометрическими размерами: $d_{отв.}/D_3 = 0,375$, $\alpha_{нар.} = 15^\circ$. Кривая 1 (рис. 1) соответствует

глубине внедрения врезного кольца на $1/3$ высоты заготовки H_3 ; кривая 2 (рис. 1) – при внедрении врезного кольца на $2/3$ высоты заготовки H_3 . При анализе кривой 1 (рис. 1) можно отметить, что при увеличении внутреннего угла конусности значение высоты уступа $h_{уст.}$ снижается. Это в свою очередь свидетельствует о том, что внутренний угол конусности увеличивает осадку объема металла, находящегося в центральной части «врезного кольца», и этим влияет на высоту уступа. Хотелось бы отметить, что при увеличении глубины внедрения «врезного кольца» (кривая 2, рис. 1), внутренний угол конусности имеет меньшее влияние на высоту получаемого уступа.

На рис. 2 приведены кривые, которые описывают влияние внутреннего угла конусности на высоту сформированного уступа при использовании инструмента со следующими геометрическими размерами: $d_{отв.}/D_3 = 0,625$, $\alpha_{нар.} = 15^\circ$. Кривая 1 (рис. 2) 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 .

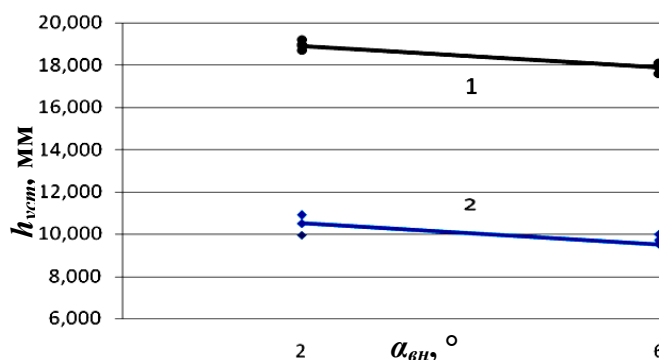


Рис. 2. Изменение высоты уступа в зависимости от внутреннего угла конусности врезного кольца (при этом $d_{отв.}/D_3 = 0,625$, $\alpha_{нар.} = 15^\circ$)

При анализе кривой 2 (рис. 2) можно отметить, что влияние внутренних углов конусности «врезного кольца» на формирование уступа небольшой высоты практически одинаково при изменении диаметра уступа, т. е. численное значение кривой 2 на рис. 1 и на рис. 2 отличается незначительно.

При увеличении глубины внедрения «врезного кольца», т. е. получения уступа большей высоты по отношению к высоте полотна, видно, что внутренний угол конусности так же влияет на высоту уступа как и на рис. 1. Но при увеличении отношения диаметра отверстия к диаметру заготовки $d_{отв.}/D_3$ с 0,375 до 0,625 наблюдается меньшая осадка металла в центральной части заготовки. В этом случае можно получить уступ, высота которого будет в несколько раз превышать высоту полотна диска.

После проведения ПФЭ и обмера полученных образцов, анализа графиков зависимости влияния наружных и внутренних углов конусности нового технологического инструмента «врезного кольца» были получены уравнения регрессии в алгебраическом и графическом виде. При проведении эксперимента одной из функций отклика был выбран параметр: $h_{уст.}$ – высота уступа (1):

$$Y = 11,713 - 0,542x_1 - 1,255x_2 + 1,3766x_3 - 3,144x_4 + 0,0923x_{13} + 0,1994x_{14} + 0,1411x_{23} + 0,1657x_{24} - 0,791x_{34} + 0,1184x_{234}, \quad (1)$$

где Y – уравнение регрессии, описывающее влияние факторов (X) на высоту получаемого уступа ($h_{уст.}$) после внедрения «врезного кольца».

При анализе уравнения (1), можно отметить, что на высоту получаемого уступа наибольшее влияние имеет глубина внедрения «врезного кольца». При этом, глубина внедрения уменьшает значение высоты получаемого уступа, т. е. при увеличении глубины внедрения уступ более интенсивно осаживается, что приводит к уменьшению его высоты. Так же приводит к уменьшению высоты получаемого уступа наружный и внутренний угол конусности «врезного кольца».

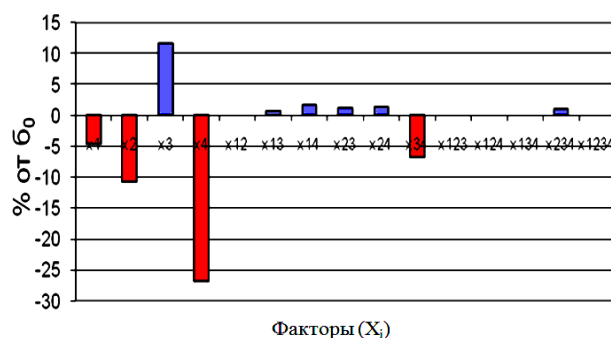


Рис. 4. Графическое представление уравнения регрессии, описывающее влияние факторов (X_i) на глубину внедрения «врезного кольца», (b_0 – коэффициент уравнения)

Увеличивает высоту уступа диаметр центрального отверстия «врезного кольца», что подтверждает описанная выше зависимость, которая графически представлена на рис. 2. Хотелось бы отметить, что совместное влияние наружного угла конусности и диаметра центрального отверстия «врезного кольца» (это фактор с индексом x_{34}) уменьшают значение высоты уступа, но в меньшей степени чем наружный угол конусности «врезного кольца». Остальные факторы незначительно или вообще не влияют на высоту получаемого уступа при внедрении «врезного кольца». Это видно и в уравнении регрессии (1) и на диаграмме рис. 3.

ВЫВОДЫ

1. После проведения ПФЭ были получены и обработаны экспериментальные данные, на основании которых были построены и проанализированы графики зависимости изменения высоты уступа $h_{уст.}$ от внутреннего угла конусности «врезного кольца» $\alpha_{вн.}$. По результатам можно отметить, что увеличение внутреннего угла конусности $\alpha_{вн.}$ приводит к уменьшению высоты получаемого уступа.

2. По полученным функциям отклика было проанализировано уравнение регрессии, которое описывает влияние факторов (X_i) на высоту получаемого уступа ($h_{уст.}$) «врезного кольца». По полученным результатам можно отметить, что увеличению высоты уступа способствует увеличение диаметра центрального отверстия «врезного кольца». Это можно объяснить тем, что чем больше объем металла, который находится в центральной части отверстия «врезного кольца», тем менее интенсивно осадка металла в центральной части заготовки.

3. Полученные уравнения регрессии по внедрению «врезного кольца» дают возможность оценить величину влияния факторов (X_i) на конечную форму получаемого образца. Это дает возможность варьированием факторов получить заданную форму конечного изделия и максимально приблизить размеры поковки к размерам готовой детали.

ЛИТЕРАТУРА

1. Камнев П. В. Совершенствованиековки крупных поковок / П. В. Камнев. – Л. : Машиностроение, 1975. – 335 с.
2. Сторожев В. М. Ковка и объемная штамповка стали / В. М. Сторожев. – М. : Машиностроение, 1968. – 412 с.
3. Кузьминцев В. Н. Ковка на молотах и пресах : учебник для сред. проф.-техн. училищ. / В. Н. Кузьминцев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1985. – 224 с.
4. Новик Ф. С. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования эксперимента / Ф. С. Новик, Я. Б. Арсов. – М. : Машиностроение ; София : Техника, 1980. – 304 с.
5. Ашкелянец А. В. Экспериментальное исследование формоизменения металла при внедрении врезного кольца / А. В. Ашкелянец // Обработка материалов давлением : тематич. сб. научн. тр. – Краматорск : ДГМА, 2009. – № 2 (21). – С. 307–311.

Ашкелянец А. В. – аспирант НМетАУ;
Чухлеб В. Л. – канд. техн. наук, доц. НМетАУ.

НМетАУ – Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепропетровск.

E-mail: Antoha015@rambler.ru