

УДК 621.7.016.2-412:669.715

Скрябин С. А.
Гулько И. В.
Чайка Д. С.
Бубновская И. А.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЯВЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ПРИ ШТАМПОВКЕ ПОКОВОК С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОЦЕССА ВАЛЬЦОВКИ И ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ РУЧЬЕВ

Актуальность разработки и внедрения малоотходных технологических процессов штамповки поковок из алюминиевых сплавов на предприятиях авиационной промышленности, обусловлена значительным применением в изделиях отрасли этих сплавов, повышенным расходом металла (КИМ 0,15–0,3), высокой трудоемкостью, длительным циклом изготовления качественных штампованных поковок (как правило, 2–3 штамповки с промежуточными операциями нагрева, обрезки облоя, травления, зачистки) и задачами по совершенствованию металлосберегающих технологий [1].

Сопротивление деформации, характеризующее напряжено-деформированное состояние в штамповке, зависит от температуры, скорости, степени деформации, соотношения форм и размеров калибров и вальцуемой заготовки.

Технологический процесс, разработанный для изготовления детали «фитинг» (рис. 1) включает вальцовку по системе круг-овал-ромб с общим коэффициентом вытяжки 3,45 (овал – 2,1, ромб – 1,64), подготовительный и окончательный ручьи (рис. 2, 3).

Целью данной работы было определение возможности появления дефектов при штамповке поковок «фитинг» с применением процесса вальцовки и подготовительных ручьев (ПР), рис. 2–5. Для этого были проведены расчеты в программе QForm [2], которые показали соответствие размеров ПР рекомендациям, описанным в работах [3, 4]. Штамповка поковок «фитинг» в подготовительном и окончательном ручьях прошла без наличия дефектов и в соответствии с требованиями технической документации [5].

Однако, нарушение технологического процесса штамповки поковок и рекомендаций, представленных в табл. 1, 2, может привести к образованию различных дефектов (прострел, зажим и др.).

Предусмотреть возможность появления дефектов можно, меняя значения температуры штампа и заготовок, степени и скорости деформации при штамповке на молотах, радиусов переходов, толщины и высоты ребер, полотна и др.

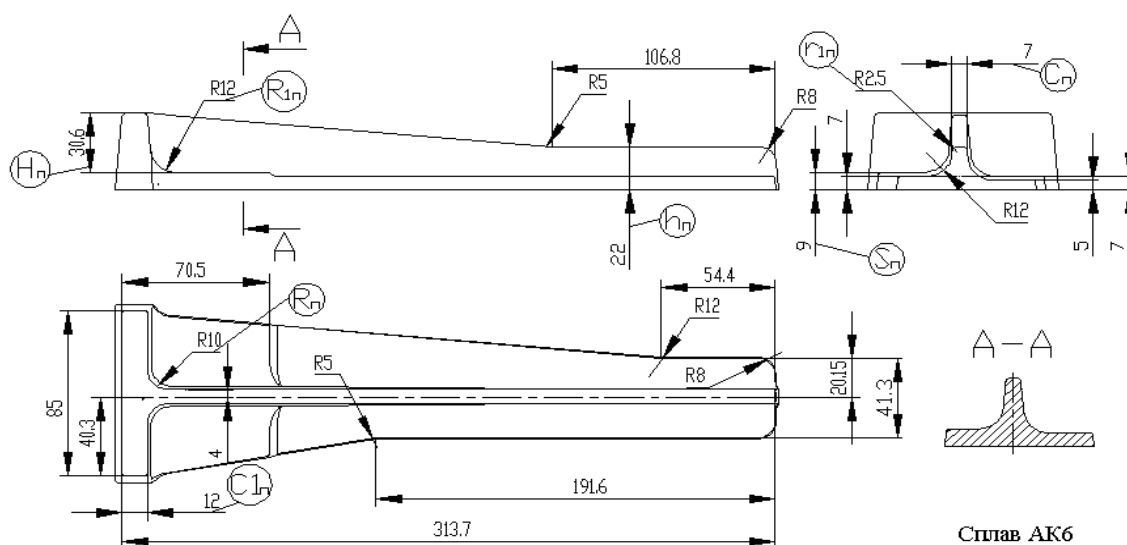


Рис. 1. Эскиз штамповки поковки «фитинг»

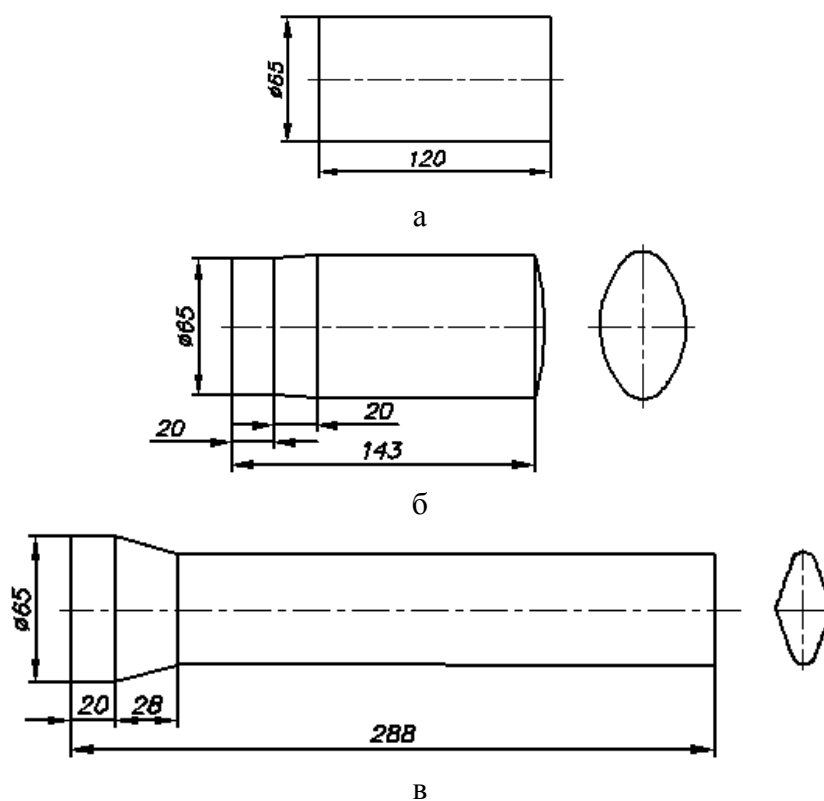


Рис. 2. Вальцованная заготовка для штамповки поковки «фитинг»:

а – исходная заготовка; б, в – вальцованная заготовка после первого и второго переходов

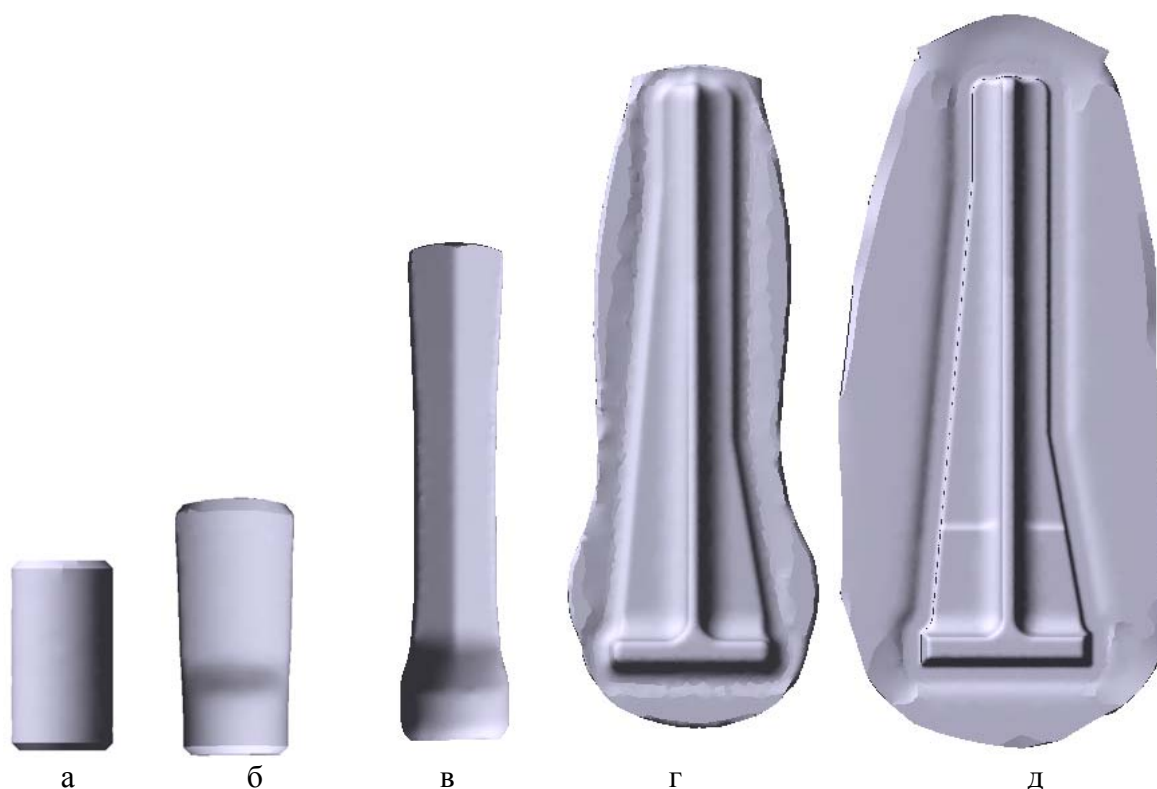


Рис. 3. Штампованная поковка «фитинг», полученная из мерной заготовки с применением процесса вальцовки и подготовительного ручья:

а – мерная заготовка; б – вальцованная заготовка после первого перехода «круг-овал»; в – вальцованная заготовка после второго перехода «овал-ромб»; г – заготовка после подготовительного ручья; д – штампованная поковка

Таблица 1

Условия отсутствия дефектов при построении подготовительного ручья для штамповки поковки «фитинг»

Правила построения ПР [4]	Проверка размеров штамповки	Условие наличия дефектов	Рекомендуемые размеры ПР
$(H_{пн} - 0,3S_{пн}) \leq (2...3)C_{1пн}$	$(31 - 0,3 \times 9) \leq (2...3)12$	$28,3 \leq 36$	$25,2 \leq 36$
$R_{пн} \geq 2R$	$R_{пн} \geq 2 \times 10$	$R_{пн} < 20$	$R_{пн} = 18$
$H_{пн} < H$	$H_{пн} < 30,6$	$H_{пн} > 30,6$	$H_{пн} = 31$
$R_{1пн} > 0,6(H_{пн} - 0,5S_{пн})$	$R_{1пн} \geq 0,6(31 - 0,5 \times 9)$	$R_{1пн} < 15,9$	$R_{1пн} = 15$
$r_{1пн} \leq 0,33C_{пн}$	$r_{1пн} \leq 0,33 \times 7$	$r_{1пн} > 2,31$	$r_{1пн} = 2,5$
$S_{пн} \geq 1,1S$	$S_{пн} \geq 1,1 \times 9$	$S_{пн} < 9,9$	$S_{пн} = 9$
$C_{пн} > C$	$C_{пн} > 7$	$C_{пн} \leq 7$	$C_{пн} = 7$
$r_{пн} = 0,5R_{1пн}$	$r_{пн} \geq 0,5 \times 15$	$r_{пн} < 7,5$	$r_{пн} = 6$
$h_{мпн} = (0,8...0,95)S_{пн}$	$h_{мпн} = (0,8...0,95) \times 9$	$h_{мпн} = 8,55$	$h_{мпн} = 8,5$
$C_{1пн} > C$	$C_{1пн} > 12$	$C_{1пн} \leq 12$	$C_{1пн} = 12$

Таблица 2

Определение граничных значений размеров подготовительного ручья для штамповки детали «фитинг»

№ варианта	Размеры подготовительного ручья									Наличие дефекта
	$H_{пн}$	$C_{1пн}$	$C_{пн}$	$h_{пн}$	$S_{пн}$	$R_{пн}$	$R_{1пн}$	$r_{пн}$	$r_{1пн}$	
1	41	8	5,5	30	7	3	2,5	6	4	+
2	36	10	5,5	25	7	3	2,5	6	4	+
3	36	10	7	25	7	3	2,5	6	4	+
4	34	10	7	25	9	3	2,5	6	4	+
5	33	11	7	22	9	5	3	6	2,5	+
6	33	11	7	22	9	8	6	6	2,5	+
7	33	11,5	7	22	9	8	6	6	2,5	+
8	37	11,5	7	22	9	15	6	6	3	-
9	37	11,5	7	22	9	15	6	6	3	-
10	35	12	7	22	9	15	6	6	3	-
11	33	11,5	7	22	9	10	6	6	2,5	-
12	33	12	7	22	9	12	6	6	2,5	-
13	32	12	7	22	9	3	2,5	6	4	-
14	31	12	5,5	22	9	8	6	6	3	-
15	33	11,5	8	22	7	8	6	6	3	-
16	31	11,5	7	22	9	15	3	6	3	-
17	30,6	12	7	22	9	5	5	6	2,5	-
18	30,6	12	7	22	9	15	5	6	2,5	-
19	33,6	12	7	22	6	5	5	6	2,5	-
20	30	12,5	7	22	9	3	6	6	3	-
21, рекомендуемые размеры ПР	31	12	7	22	10,8	18	15	6	2,5	-

Примечание: (+) – появление дефектов; (-) – отсутствие дефектов.

На рис. 5 представлены поля в виде изолиний, характеризующие напряженно-деформированное состояние в поперечных сечениях окончательной штамповки, рассчитанные по рекомендациям, описанным в работе [5]. Задаваясь граничными условиями высоты

ребра и радиусов переходов в поперечных сечениях, а также более низкой температурой инструмента, расчетом были получены поля напряженно-деформированного состояния в случае образования дефекта «зажим» (рис. 5, а).

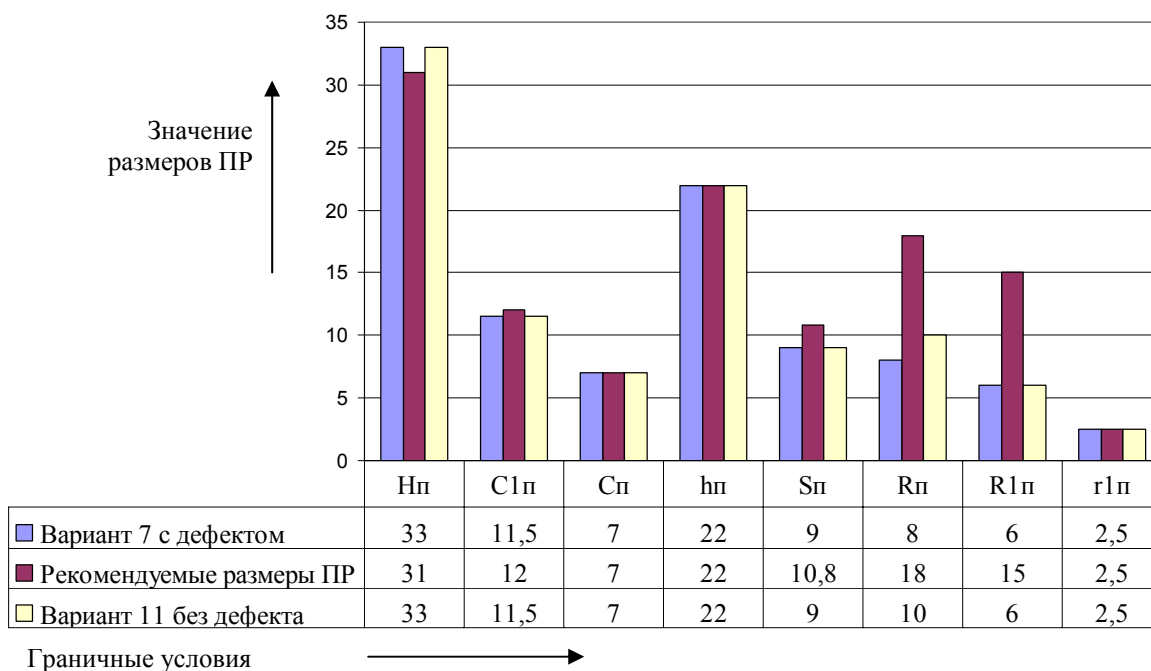


Рис. 4. Сравнение размеров подготовительного ручья при образовании дефектов с граничными условиями (табл. 2)

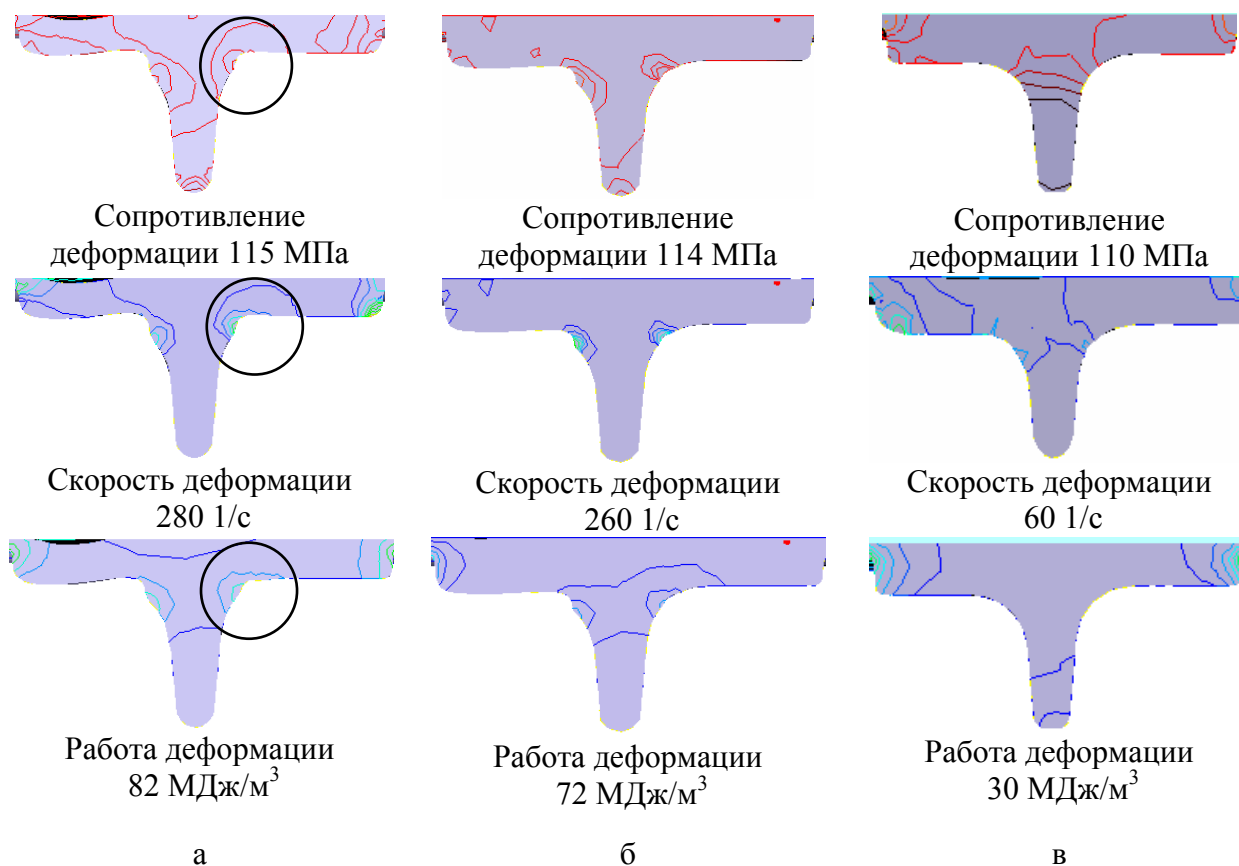


Рис. 5. Поля, характеризующие напряженно-деформированное состояние: а – штамповка с дефектом; б – штамповка без дефекта; в – штамповка в граничных условиях

Отвальцованные заготовки термически обрабатывались по технологии, приведенной в табл. 3.

Таблица 3

Технология термической обработки вальцованных заготовок из сплава АК6

Тип нагревательной печи	Вид термообработки	Температура начального отсчета времени, °С	Температура термообработки, °С	Время выдержки	Среда охлаждения
ПН-32	Закалка	500	505–525	150–210 мин	Вода
	Старение		150–165	6–10 ч	Воздух

В результате визуального осмотра и анализа макроструктуры вальцованных заготовок установлено, что зажимов, трещин, пережимов волокна и других нарушений сплошности структуры не имеется. Для механических испытаний из вальцованных заготовок вырезали образцы с размерами по ОСТ 1.90011-70 из исходного прутка, овала и ромба, а также из участков перехода прутка к овалу и ромбу. Испытания проводили на разрывной машине с усилием 20000 Н. Результаты испытаний приведены в табл. 4.

Таблица 4

Результаты механических испытаний образцов после вальцовки

Вид полуфабриката	σ_B , МПа	δ , %
Исходный пруток	380	16,0
	380	16,0
Механические образцы после вальцовки	405	22,0
	415	22,0
	415	18,0
	425	24,0
	427	22,0
	420	22,0
	420	18,0
	430	18,0
	420	20,
	430	20,0
	420	20,0

Как видно из табл. 4, вальцовка повышает прочность заготовок на 7...13 % и пластичность на 13...33 %. Внедрение процесса предшествовали всесторонние лабораторные исследования и испытания качества вальцованных заготовок и штамповок, изготовленных из них. Перед запуском технологии в серийное производство от каждого наименования отбирались несколько экземпляров штамповок для всесторонних испытаний. Исследовались качество структуры (макро-, микро-), механические свойства, химический состав.

Результаты исследований показали соответствие качества штамповок, изготовленных из вальцованных заготовок, требованиям действующей технической документации. По мере внедрения процесса вальцовки под последующую штамповку подтвердилась закономерность: заготовки после вальцовки имеют прочность выше, чем прессованный пруток.

Результаты механических испытаний образцов, вырезанных из штамповок, изготовленных из вальцованных заготовок, приведен в табл. 5. На рис. 6, приведена макроструктура переходного участка от исходного сечения заготовки к овалу, полученная с применением метода рекристаллизованного зерна. Анализ структуры показывает, что увеличение степени обжатия обеспечивает проникновение деформации в центральные зоны вальцуемой заготовки, измельчает и ориентирует зерна в направлении движения металла при обработке.

Таблица 5

Технология термической обработки вальцованных заготовок из сплава АК6

Вальцованные заготовки			Штамповка из вальцованных заготовок		
ε , %	σ_B , МПа	δ , %	ε , %	σ_B , МПа	δ , %
40–57	400–430	17–22	25–29	430–450	16–19
60–69	400–435	16–20	20–27	–	14–17
70–75	420–460	14–18	–	430–470	–

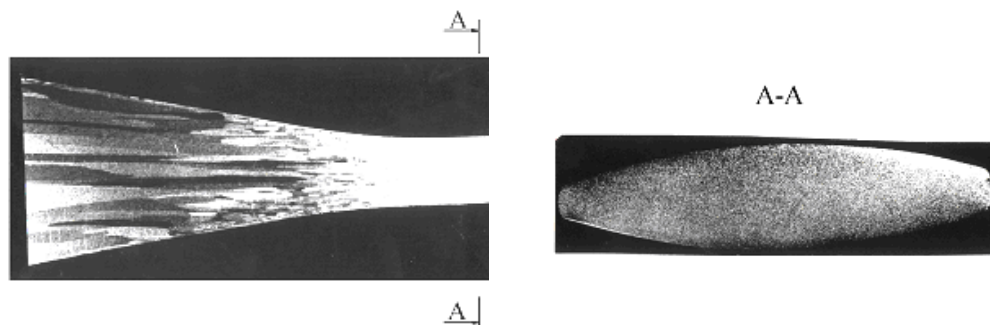


Рис. 6. Макроструктура переходного участка от исходного сечения заготовки к овалу. Сплав АК6

ВЫВОДЫ

Для теоретического исследования характерных дефектов, образующихся на штампованных поковках (рис. 1), применялась конечно-элементная программа для моделирования технологии объемной штамповки Quantor Form (QForm).

Теоретические расчеты подтвердили достоверность решений по устранению характерных дефектов, образующихся на штампованных поковках.

Всесторонние испытания (макро-, микро-, механические свойства) показали соответствие качества штамповок, изготовленных из вальцованных заготовок алюминиевых сплавов, требованиям технической документации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скрябин С. А. Применение процесса вальцовки и подготовительных ручьев при изготовлении горячим деформированием штампованных поковок из алюминиевых сплавов с вытянутой осью и закрытыми сечениями / С. А. Скрябин, В. Н. Полохов, К. С. Скрябин // Технологические системы. – 2003. – № 4. – С. 32–37.
2. QForm-3D – конечно-элементная программа для расчета процессов пластической деформации металлов и сплавов, ©1991-2008, ООО «КванторФорм» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.qform3d.com.
3. Скрябин С. А. Изготовление поковок из алюминиевых сплавов горячим деформированием / С. А. Скрябин. – Киев : КВЦ, 2004. – 346 с. : ил.
4. Скрябин С. А. Технология горячего деформирования заготовок из алюминиевых сплавов на ковочных вальцах / С. А. Скрябин. – Винница : О. Власюк, 2007. – 284 с.
5. ОСТ 1,90073-85. Отраслевой стандарт по штамповкам и поковкам из алюминиевых сплавов. Технические условия. Введ. 01.11.85. / [Корнеев Н. И., Аржаков В. М., Бормашенко Б. Г. и др.]. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 39 с.

Скрябин С. А. – д-р техн. наук, проф. ВНАУ;

Гулько И. В. – канд. техн. наук, доц. ВНАУ;

Чайка Д. С. – аспирант ВНАУ;

Бубновская И. А. – ассистент ВНАУ.

ВНАУ – Винницкий национальный аграрный университет, г. Винница.

E-mail: chaika_ds@mail.ru