

УДК 621.771

Скрябин С. А.
Швец Л. В.

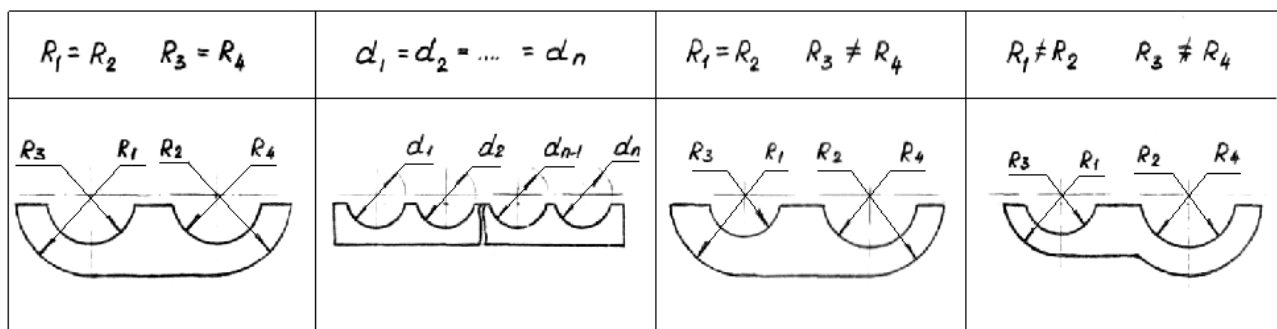
ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПРОФИЛЕЙ СЛОЖНОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Проблема изготовления профилей сложного поперечного сечения из алюминиевых сплавов остро стоит в авиационной промышленности и других отраслях машиностроения. К таким относятся профили, представленные на рис. 1–2.

Актуальность разработки и внедрения малоотходных технологических процессов изготовления профилей из алюминиевых сплавов обусловлена значительным применением в изделиях отрасли этих сплавов, повышенным расходом металла (КИМ 0,15–0,3), высокой трудоемкостью, длительным циклом их изготовления и задачами по совершенствованию металлосберегающих технологий.

Работа выполнялась в соответствии с «Державною комплексною програмою розвитку авіаційної промисловості України до 2010 року». Затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 12.12.2001 р., № 1665 – 25 , п. 6.1.3. «Нові технології та матеріали, стандартизація, системи якості, нормативне забезпечення, виробництво та ремонту авіаційної техніки».

В работе [1] отмечается, что «отсутствие специального оборудования для прессования профилей из алюминиевых сплавов произвольного сечения (горизонтальные гидравлические прессы) и централизованных поставок на машиностроительных заводах отрасли (особенно на предприятиях мелкосерийного производства)» ставит задачу по изысканию возможности изготовления профилей другими способами, т. к. их изготовление из поковок с последующей механической обработкой связано со значительными трудовыми затратами и повышенным расходом металла.

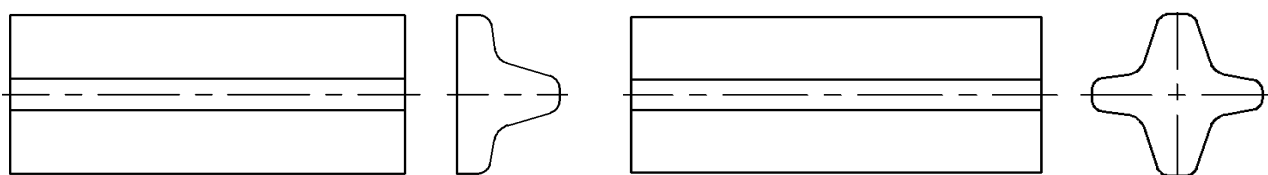


а

б

Рис. 1. Типовые профили сложного поперечного сечения:

а – имеющие ось симметрии; б – не имеющие ось симметрии



а

б

Рис. 2. Профили:

а – с односторонним ребром; б – с двусторонними ребрами

Авторы работы [2] рекомендуют при расчетах калибров, одновременно разрабатывать несколько вариантов калибровки, чтобы последовательными испытаниями установить лучшие из них. Они указывают на то, что калибровку профилей произвольного сечения надо сопровождать систематическими испытаниями спроектированных калибров, проводя по результатам экспериментов необходимую корректировку.

Методика расчета калибров для получения фасонных профилей и ее научно – технический уровень не претерпевали заметных изменений. Остается актуальным и вывод, сделанный Б. П. Бахтиновым, М. М. Штерновым [3] о том, что «большинство профилей имеет такую форму, что провести более или менее строгий аналитический расчет размеров калибров, подобный расчету для получения двутавров, швеллеров, уголков и т. п. не представляется возможным».

Причина создавшегося положения – в отсутствии надежной теории, позволяющей правильно оценивать величину средней вытяжки профиля при неравномерной деформации отдельных его частей. Поэтому профили произвольного сечения приходится калибровать ориентировочно, без точного обоснования применяемых размеров.

В работе [2] отмечается, что расчет калибров сводится к выполнению следующих операций: определение размеров чистового калибра; выбор числа фасонных калибров; определение размеров заготовки под прокатку; расчет общего коэффициента деформации в этих калибрах; определение частных коэффициентов деформаций; расчет размеров калибров по переходам; корректировка размеров. Авторы данной работы предлагают свой метод расчета калибровки валков по статистическим формулам. Статистические выборки составляли по данным восьми – девяти металлургических заводов о расчете калибровок валков для прокатки двутавра, швеллера и уголка. Калибровки сложных профилей произвольного сечения в работе не рассматриваются.

Для определения возможности изготовления профилей на установке для изотермического деформирования, было принято решение о проведении опытной вальцовке колодки парной рис. 3.

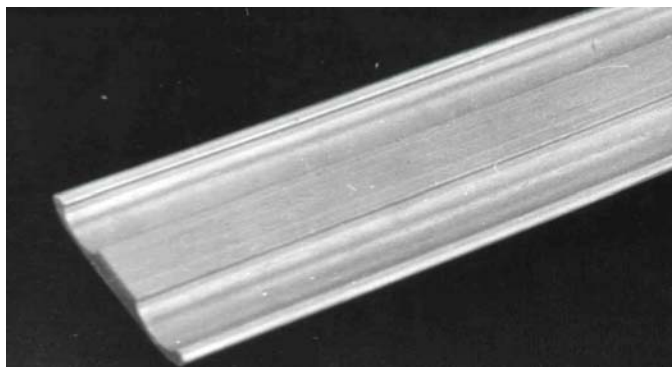
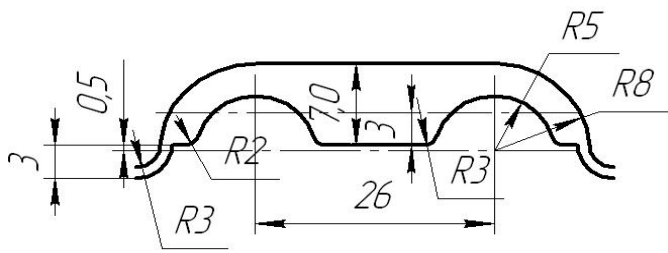
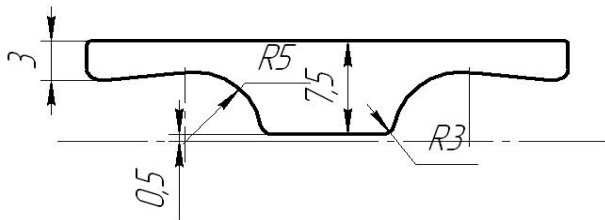


Рис. 3. Профиль колодки парной

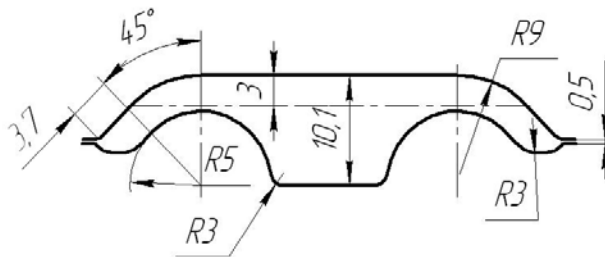
Учитывая рекомендации авторов работы [2] об одновременной разработке нескольких вариантов калибровки, руководствуясь расчетами по определению средней вытяжки профиля, коэффициентами высотной деформации, центра тяжести, катающего диаметра, выбору открытых или закрытых калибров, линии разъема, формы заготовки и др. [2–9], были спроектированы калибры пяти, трех переходные, рис. 4–7. Однако рабочая длина валков установки составляет 135 мм, и расположить на ней полученное расчетами количество (4–5) вальцовочных штампов не представляется возможным.



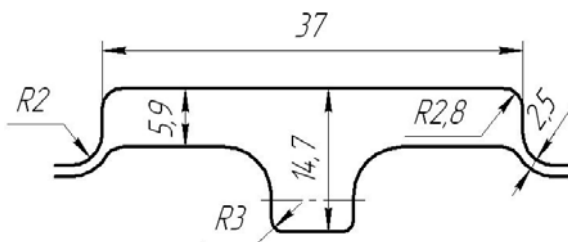
Чистовой калибр



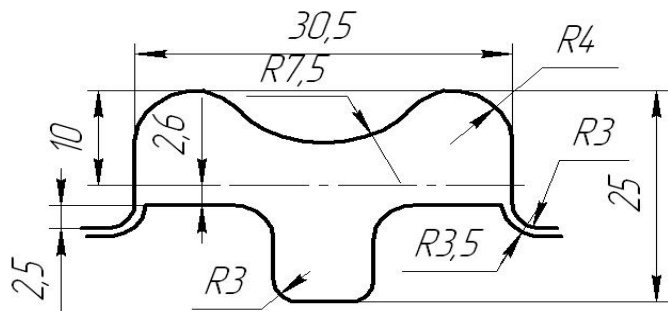
Условный чистовой калибр.
Длина развертки 44,4 мм



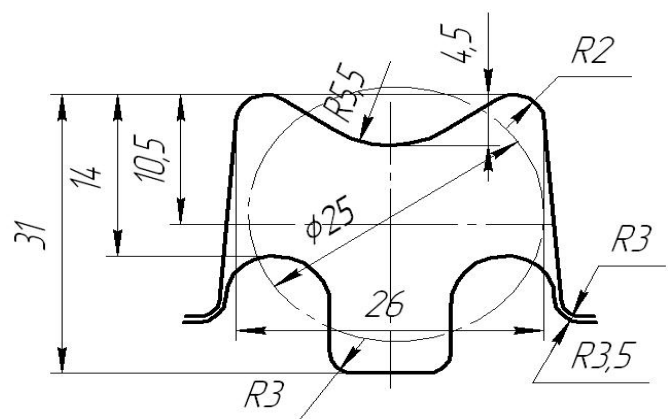
Калибр 2



Калибр 3



Калибр 4



Калибр 5

Рис. 4. Калибры для пятипереходной вальцовки

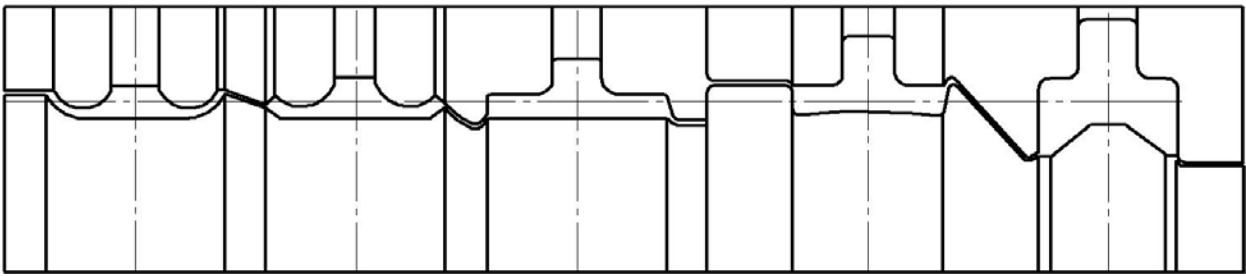


Рис. 5. Схема расположения калибров при пятипереходной вальцовке

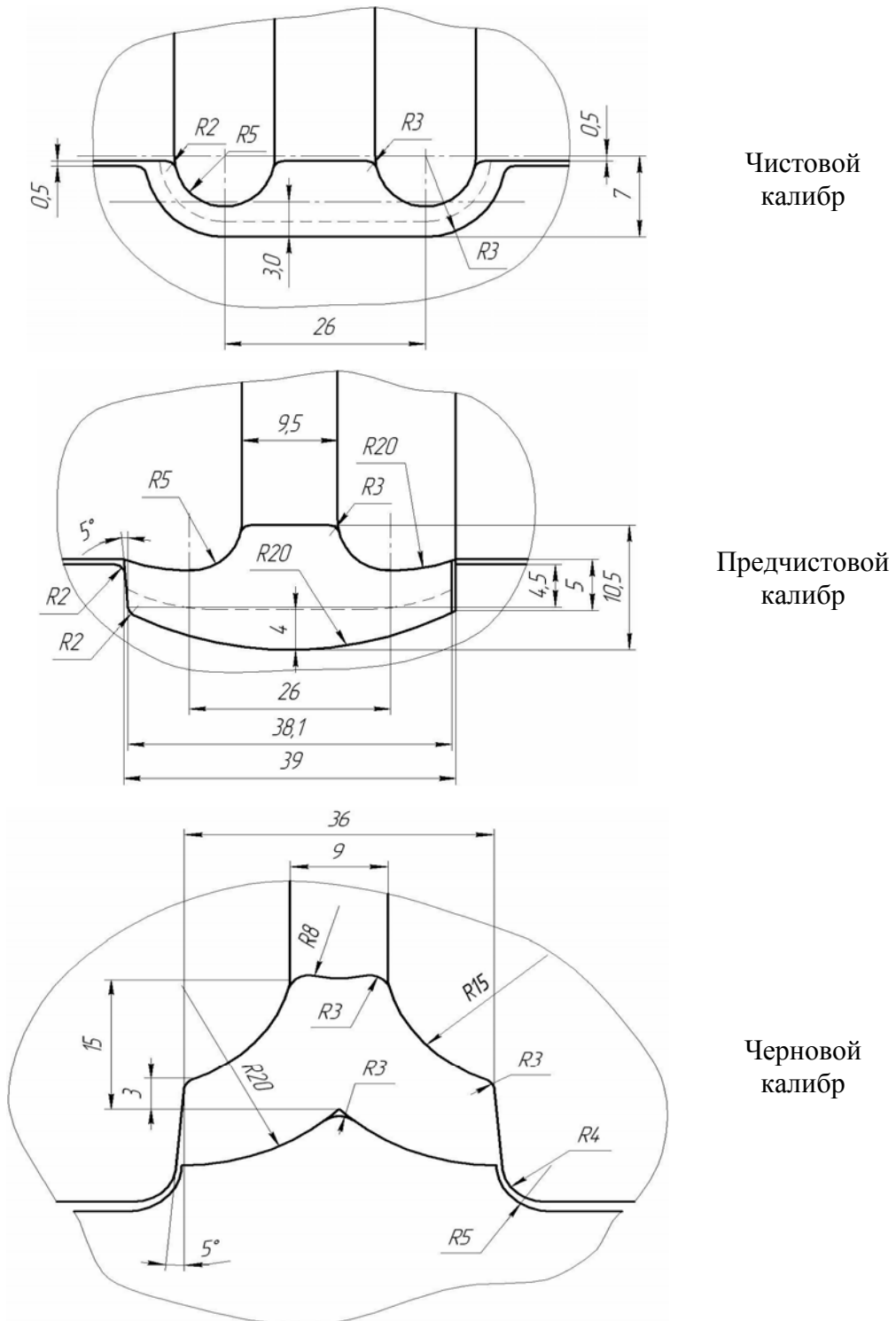


Рис. 6. Калибры для трехпереходной вальцовки

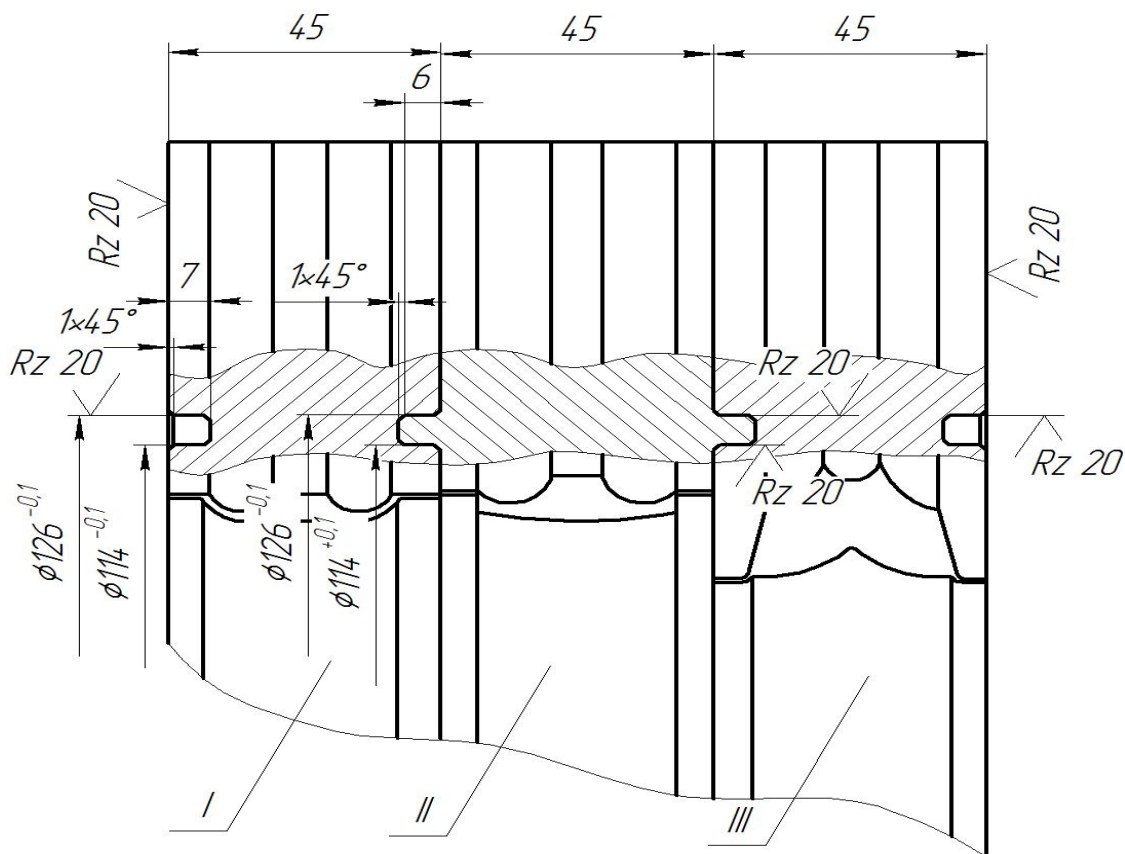


Рис. 7. Схема расположения калибров при трехпереходной вальцовке

Проведение экспериментов начали с трехпереходной вальцовки.

Для проведения экспериментов использовались заготовки из алюминиевых сплавов АК4 – 1 и АК6 с размерами $\text{Ø}25 \times 130$ мм. Вальцовка проводилась на установке, описанной в разделе 3, в валках $\text{Ø}160$ мм и частотой их вращения 12 мин^{-1} по схеме «черновой – предчистовой – чистовой» калибры. Общий коэффициент вытяжки λ составлял 2,85 (в черновом калибре – 1,56; предчистовом – 1,4; чистовом – 1,3). Температура нагрева заготовок и вальцовочных штампов была 470°C . Исходная структура заготовок с крупнокристаллическим ободком (рис. 8) в процессе деформации значительно улучшилась. Визуальным осмотром и анализом макроструктуры представленной на рис. 9 дефектов не обнаружено. Профиль колочки имеет однородную мелкозернистую структуру по длине и ширине деформированной части заготовки и соответствует требованиям технической документации [10].

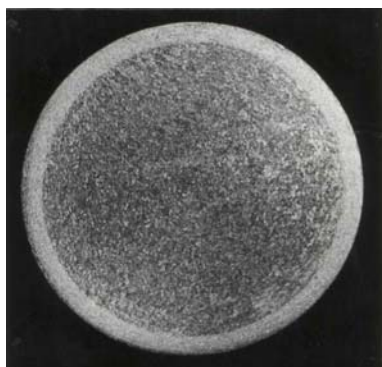


Рис. 8. Макроструктура исходного прутка с крупнокристаллическим ободком

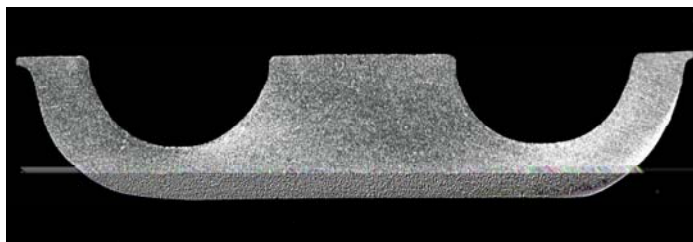


Рис. 9. Поперечное сечение профиля трехпереходной вальцовки колодки парной

В связи с тем, что существующие методики расчета калибров стальных профилей не позволяют однозначно решить вопрос о необходимом и достаточном количестве калибров, было принято решение изготовить калибры, описанные в работе [1] для двух переходной вальцовки, рис. 10 и провести эксперименты по изготовлению колодки парной, имеющей габариты меньшего размера в сравнении с колодкой, изготовленной на установке для изотермического деформирования за три перехода. Описанные рекомендации и эксперименты по изготовлению колодки парной в работе [1] проводились на ковочных вальцах модели С1335 в валках $\text{Ø}320$ мм с частотой вращения 26 мин^{-1} при комнатной температуре.

Вальцовка проводилась по схеме «предчистойвой – чистойвой» калибры. Общий коэффициент вытяжки λ составлял 2,82 (в предчистовой калибре – 1,92; в чистойвой – 1,46). Температура нагрева заготовок и вальцовочных штампов была 470°C . Однако стабильного оформления поперечного сечения профиля при изготовлении на установке для изотермического деформирования не наблюдалось, рис. 11.

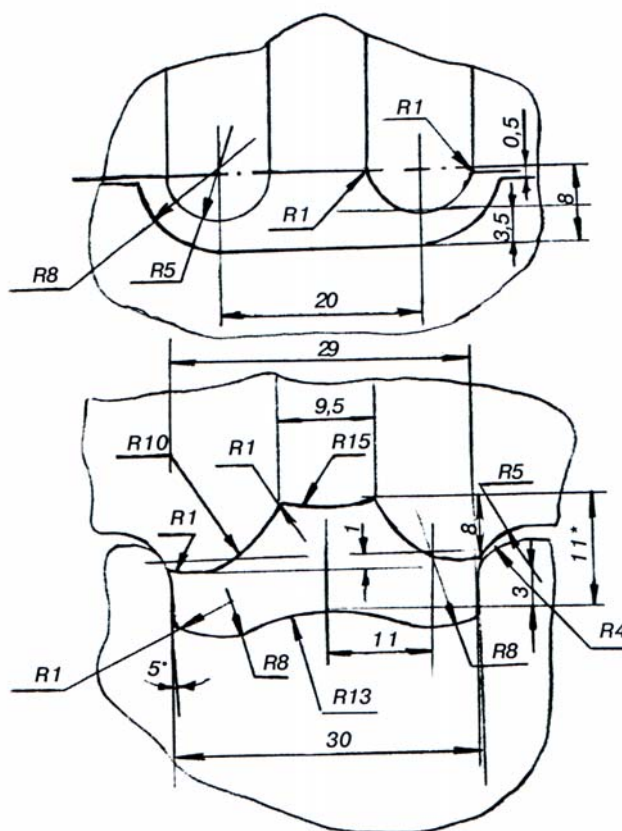


Рис. 10. Калибры для двухпереходной вальцовки колодки парной [1]

Результаты экспериментов показали необходимость изготовления колодки парной на описанной установке для изотермического деформирования за три перехода.

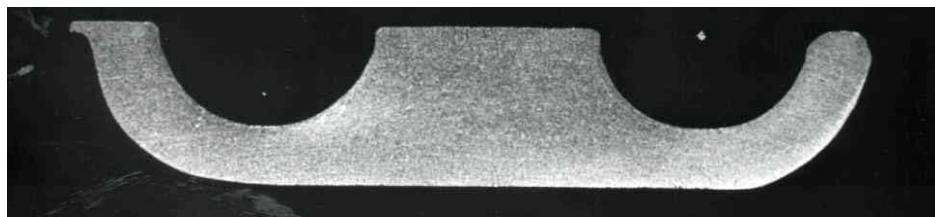


Рис. 11. Незаполнение поперечного сечения калибра колодки парной при вальцовке

В табл. 1 приведены технические характеристики оборудования и технологические параметры, при которых изготавливался профиль колодки парной.

Из табл. 1 видно, что для изготовления колодки в условиях изотермического деформирования требуется оборудование значительно меньшего усилия и габаритов, которое позволяет снизить расход штамповой стали, электроэнергии, уменьшить трудоемкость изготовления вальцовочных штампов и себестоимость вальцуемых заготовок и профилей.

Таблица 1

Сравнительные технические характеристики оборудования и технологические параметры

№	Наименование	Оборудование	
		Ковочные вальцы С1335	Установка для изотермического деформирования
1	Мощность привода, кВт	80	11
2	Частота вращения валков, мин ⁻¹	26	12
3	Диаметр валков, мм	320	160
4	Размеры посадочных, мм	160	80
5	Размеры вальцовочных штампов, мм:		
	сечение 1-го перехода;	92 × 80	45 × 40
	сечение 2-го перехода;	92 × 80	45 × 40
	сечение 3-го перехода;	–	45 × 40
6	Центральный угол, α°	180	180
7	Температура заготовок, °С	470	470
8	Температура вальцовочных штампов, °С	20	470

Проведенные эксперименты на примере изготовления профиля колодки парной показали, что изготовление профилей сложного поперечного сечения, экономически выгодно изготавливать на оборудовании для вальцовки заготовок в условиях изотермического деформирования, т. к. применяется оборудование меньшего усилия и габаритов, за счет улучшения пластичности. Кроме этого, снижается себестоимость изготовления колодки парной, за счет уменьшения трудоемкости механической обработки, снижения расхода штамповой стали и трудоемкости изготовления вальцовочных штампов, уменьшения энергозатрат. Улучшается качество структуры и механические свойства вальцованной колодки, изготовленной в условиях изотермического деформирования.

Результаты экспериментов имеют практическое значение и могут использоваться, с учетом рекомендаций, описанных в работе [1], при расчете и проектировании калибров для

изготовления профилей сложного поперечного сечения из алюминиевых сплавов, имеющих коэффициенты вытяжки и высотной деформации близкие к колодке парной. Кроме этого, необходимо отметить, что для получения профиля без изгиба (рис. 12) на всех участках каждого предыдущего калибра (в центре и других частях профиля), коэффициенты высотной деформации должны быть одинаковы.

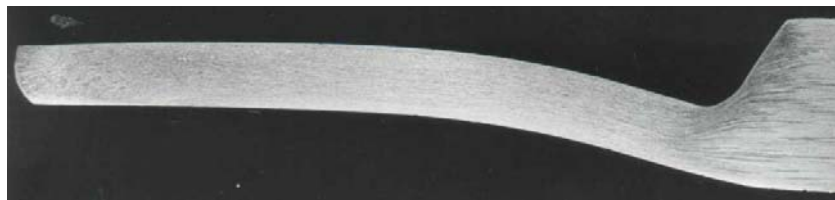


Рис. 12. Изгиб продольного сечения колодки парной при вальцовке

ВЫВОДЫ

1. Предложена классификация некоторых видов профилей сложного поперечного сечения, для изготовления на оборудовании в условиях изотермического деформирования.
2. Проведенные всесторонние исследования (макро-, микромеханические свойства) качества профилей, изготовленных в условиях изотермического деформирования, соответствовали требованиям технической документации.
3. Проведенные эксперименты на примере изготовления профиля колодки парной показали, что изготовление профилей сложного поперечного сечения, экономически выгодно изготавливать на оборудовании для вальцовки заготовок в условиях изотермического и приближенных к нему деформирования, т. к. применяется оборудование меньшего усилия и габаритов, за счет улучшения пластичности. Кроме этого, снижается себестоимость изготовления профилей, за счет снижения расхода штамповой стали и трудоемкости изготовления вальцовочных штампов, уменьшения энергозатрат. Улучшается качество структуры и механические свойства вальцованного профиля колодки, изготовленной в условиях изотермического деформирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скрябин С. А. Изготовление поковок из алюминиевых сплавов горячим деформированием / С. А. Скрябин. – К. : Квіц. – 2004. – 346 с.
2. Алюминиевые сплавы. Производство полуфабрикатов из алюминиевых сплавов : справочное руководство / Под ред. Белов А. Ф., Квасов Ф. И. – М. : Металлургия, 1971.
3. Бахтинов В. П. Калибровка прокатных валков / В. П. Бахтинов, М. М. Штернов. – М. : Металлургияиздат, 1953.
4. Смирнов В. К. Калибровка прокатных валков / В. К. Смирнов, В. А. Шилов, Ю. В. Игнатович. – М. : Металлургия, 1987.
5. Калибровка сложных профилей : справочник / [Скороходов Н. Е., Илюкович Б. М., Шулаев И. П., Есипов В. Д., Капелюшный В. П.]. – М. : Металлургия, 1979.
6. Диомидов Б. Б. Калибровка прокатных валков / Б. Б. Диомидов, Н. В. Литовченко. – М. : Металлургия, 1970.
7. Кочетов И. М. Калибровка валков с применением системы развернутых калибров / И. М. Кочетов, Б. Б. Диомидов, Н. В. Литовченко. – М. : Металлургия, 1971.
8. Шадрин В. А. Инженерные методы расчетов деформации металла при прокатке / В. А. Шадрин. – М. : Металлургия, 1973.
9. Тарновский И. Я. Элементы теории прокатки сложных профилей / И. Я. Тарновский, А. Н. Скороходов, Б. М. Илюкович. – М. : Металлургия, 1972.

Скрябин С. А. – д-р техн. наук, директор НПЦ «Ухналь»;
Швец Л. В. – инженер, ассистент ВГАУ.

НПЦ «Ухналь» – Научно-производственный центр «Ухналь», г. Киев;
ВГАУ – Винницкий государственный аграрный университет.

E-mail: chaika_ds@mail.ru