

УДК 621.7.016.2: 669. 715

С.А. Скрыбин д-р техн.наук, проф.; И.В. Гулько канд.техн.наук, доц., И.А. Бубновская  
Винницкий национальный аграрный университет, г.Винница, Украина

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПРОФИЛЕЙ СЛОЖНОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

У статті запропонована класифікація деяких видів профілів складного поперечного перерізу і профілів з однією та двома сторонами ребрами. Проведено експериментальні дослідження з виготовлення деяких видів профілів складного поперечного перерізу з алюмінієвих сплавів в умовах ізотермічного деформування на прикладі виготовлення колодки парної і профілів з однією та двома сторонами ребрами. Для виготовлення зазначених профілів в умовах ізотермічного деформування потрібне устаткування значно меншого зусилля і габаритів, що дозволяє знизити витрату штампової сталі, електроенергії, зменшити трудомісткість виготовлення вальцювальних штамів і собівартість вальцюваних заготовок і профілів.

A classification of some types of profiles of difficult |complex| cross-section and profiles with one-sided and two-sided ribs is offered in the article. Experimental researches of some type of the complex cross-section profiles from aluminum alloy in isothermal and drawn near to it warping conditions on example of the manufacture of the paired shoe is described in article. From comparison of given technical characteristic is seen that for manufacture of the paired shoe in isothermal warping conditions, equipment of considerably lesser effort and size, which allows to reduce the outlay of stamping steels, electric powers, reduce laboriousness of the manufacture of rolling stamps and prime cost of rolling storages and profiles, is required.

Данная работа является продолжением исследований по изготовлению вальцовкой профилей сложного поперечного сечения в условиях изотермического деформирования [1].

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. В работе [2] 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.

Литературный обзор [1] показал отсутствие рекомендаций по применению прокатки и вальцовки для получения профилей сложного поперечного сечения из алюминиевых сплавов.

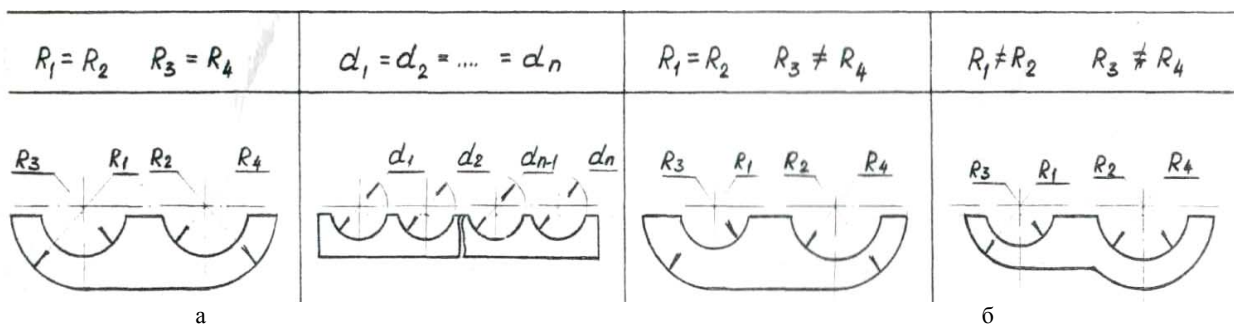


Рис. 1. Типовые профили сложного поперечного сечения: а - имеющие ось симметрии; б - не имеющие ось симметрии

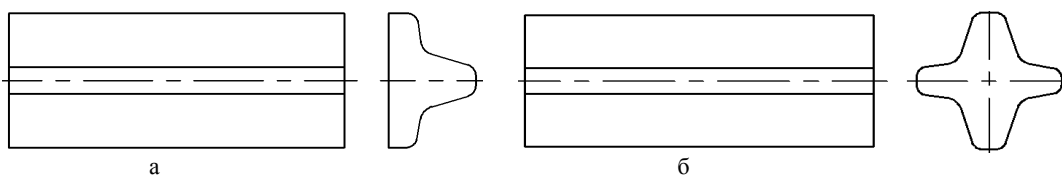


Рис. 2. Профили: а - с односторонним ребром; б - двусторонними ребрами

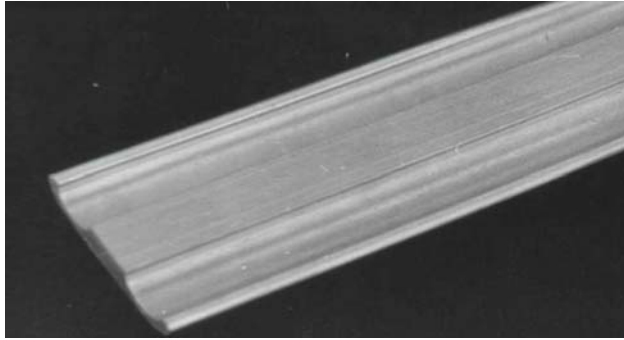
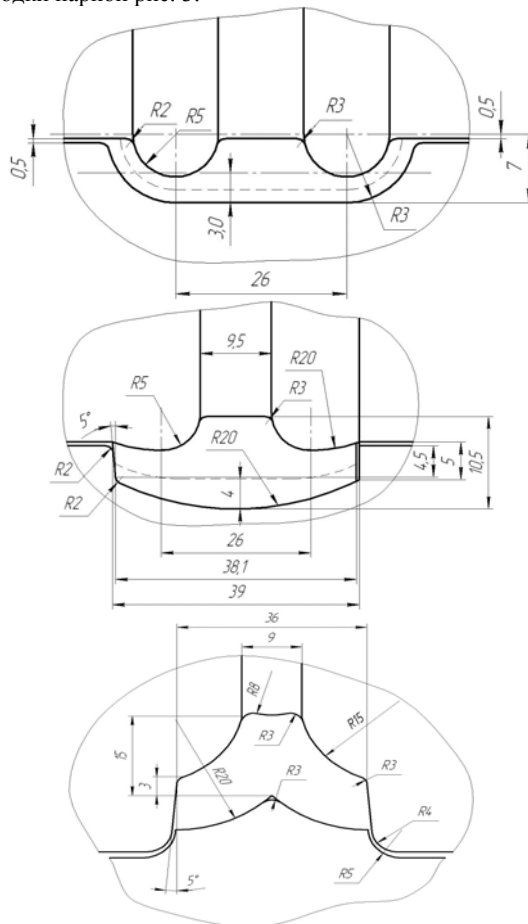


Рис. 3. Профиль колодки парной

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 изотермического деформирования [2], было принято решение о проведении опытной вальцовки колодки парной рис. 3.

Наряду с отсутствием универсальной методики расчета калибров для изготовления профилей сложной формы [2 - 10] выявилось ограниченность данных о калибровке валков уже освоенных профилей. Существующие методики охватывают вопросы, присущие только определенным группам профилей (швеллера, уголки, двутавры) и основываются на эмпирических, полуэмпирических методах, а также на методах, базирующихся на различного рода приемах.

В работе [3] отмечается, что расчет калибров сводится к выполнению следующих операций: определение размеров чистового калибра; выбор числа фасонных калибров;



Чистовой калибр

Предчистовой калибр

Черновой калибр

Рис. 4. Калибры для трех переходной вальцовки

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 разреза, формы заготовки и др. [2 - 9], были спроектированы калибры пяти, трех переходные. Однако рабочая длина валков установки составляет 135 мм и расположить на ней полученное расчетами количество (4 - 5) вальцовочных штампов не представляется возможным.

Проведение экспериментов начали с трех переходной вальцовки на установке для изотермического деформирования.

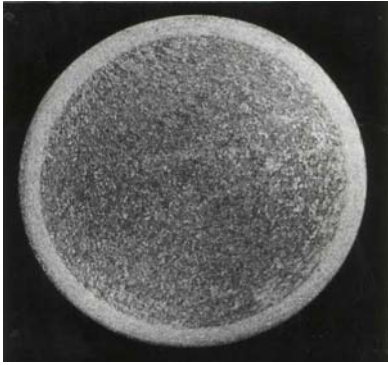


Рис. 5. Макроструктура исходного прутка с крупнокристаллическим

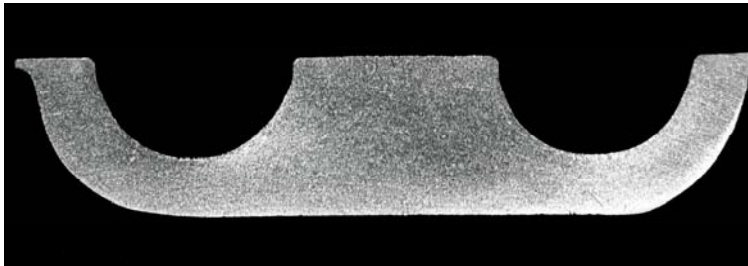


Рис. 6. Поперечное сечение профиля трех переходной

Для проведения экспериментов использовались заготовки из алюминиевых сплавов АК4 – 1 и АК6 с размерами  $\varnothing 25 \times 130$  мм. Вальцовка проводилась на установке описанной ниже, в валках  $\varnothing 160$  мм и частотой их вращения  $12 \text{ мин}^{-1}$  по схеме «черновой - предчистовой - чистовой» калибры. Общий коэффициент вытяжки  $\lambda$  составлял 2,85 (в черновом калибре – 1,56; предчистовом – 1,4; чистовом – 1,3). Температура нагрева заготовок и вальцовочных штампов была  $470^{\circ}\text{C}$ . Исходная структура заготовок с крупнокристаллическим ободком (рис. 5) в процессе деформации значительно улучшилась. Визуальным осмотром и анализом макроструктуры представленной на рис. 6 дефектов не обнаружено. Профиль колодки имеет однородную мелкозернистую структуру по длине и ширине деформированной части заготовки и соответствует требованиям технической документации [11].

В другой серии экспериментов вальцевались профили, представленные на рис. 7,8 в подготовительном и окончательном ручьях. Вальцовка проводилась в условиях предыдущего эксперимента, при вальцовке колодки парной. Визуальным осмотром, анализом макроструктуры дефектов не обнаружено. Проведенными исследованиями механических свойств (табл. 1) установлено соответствие профиля колодки и профилей с односторонними и двухсторонними ребрами требованиям технической документации [11].

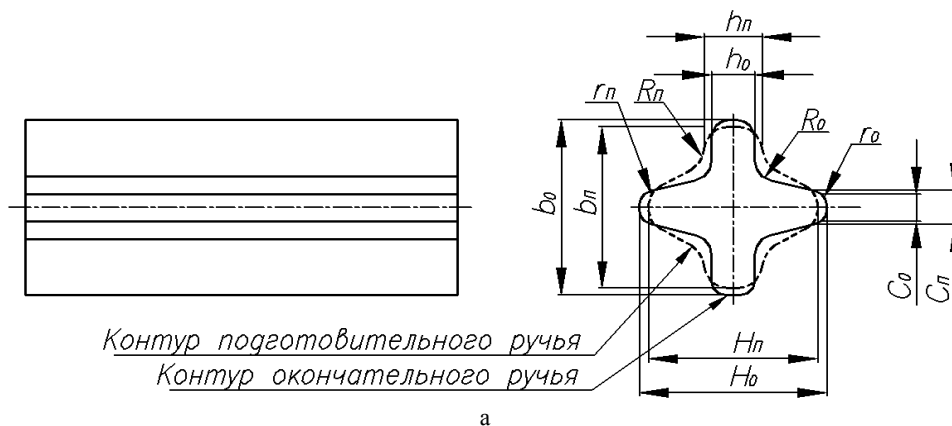
Результаты механических испытаний образцов, вырезанных из

вальцованных профилей, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Механические свойства вальцованных профилей, сплав АК6

$\varepsilon, \%$	$\sigma_b, \text{МПа}$	$\delta, \%$
40-57	400-430	17- 22
60 – 69	400 – 435	16 – 20
70 – 75	420 – 460	14 - 18



б

Рис. 7. а - профиль с двухсторонними ребрами; б – макроструктура поперечного сечения профиля с двухсторонними ребрами

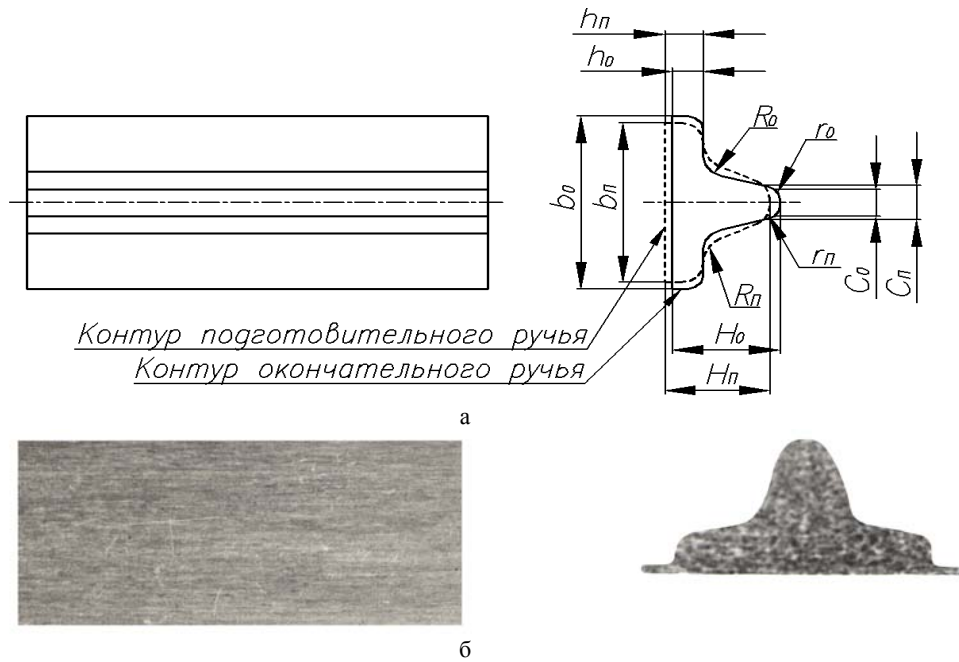


Рис. 8. а - профиль с односторонним ребром; б – макроструктура продольного и поперечного сечения профиля

Вальцованные профили подвергались термической обработке по технологии, приведенной в табл.2, после чего проходили всесторонние лабораторные исследования (-макро, -микро, механические свойства).

Таблица 2

Технология термической обработки вальцованных заготовок из сплава АК6, Ø25

Тип нагревательной печи	Вид термообработки	Сплав	Температура начального отсчета времени, °С	Температура термообработки, °С	Время выдержки	Среда охлаждения
ПН-32	Закалка	АК6	500	505 - 252	50 мин	Вода
ПН-32	Старение			160 - 175	3,4 - 4 ч	Воздух

Анализом проведенных экспериментов установлено, что общими основными принципами калибровки являются:

- а) для изготовления профилей сложного поперечного сечения – необходимость его разбивки на отдельные элементы. В процессе расчета для каждого из таких элементов отдельно учитываются вытяжка и изменение формы в каждом калибре;
  - при построении калибра следует стремиться к тому, чтобы вытяжка всех элементов сечения была выполнена с одинаковой степенью деформации;
  - неравномерная деформация может происходить только в возможно меньшем числе первых пропусков.
  - для получения профиля без изгиба (рис. 9), на всех участках каждого предыдущего калибра (в центре и других частях профиля), коэффициенты высотной деформации должны быть одинаковы.

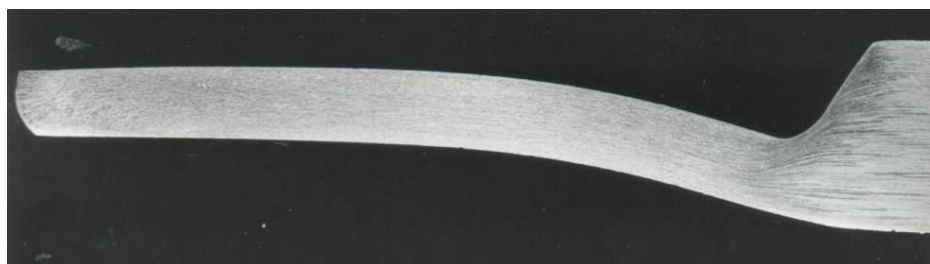


Рис. 9. Изгиб продольного сечения колодки парной при вальцовке

- б) при проектировании подготовительных ручьев (ПР) для вальцовки профилей представленных на рис.7,8:
  - сохранение равенства площадей поперечных сечений предварительно и окончательно вальцуемого профиля на основе построения характерных сечений;
  - размеры в плоскости разреза ПР принимаются такими, как и у окончательного ручья;
  - предварительно вальцованный профиль должен укладываться в окончательном ручье и надежно в нем фиксироваться;
  - разработанный чертеж ПР проверяется на укладываемость предварительно вальцованного профиля в окончательном ручье по характерным сечениям и на необходимость применения мостика и облойной канавки для расположения избыточного металла.

- в ПР (рис. 7, 8) должны быть обеспечены следующие соотношения:  $h_n = 1,1h_0$ ;  $C > (0,75 \dots 0,8)h_n$ ;  $H_n < H_0$ ;  $C_n > C_0$ ;  $R_n > 0,6(H_n - 0,5h_n)$ ;  $r_n = (1,5 \dots 2)r_0$  или  $r_n = 0,5 R_n$ .

- рекомендации по выбору калибров (открытые, закрытые), определению катающих радиусов и центра тяжести фигуры калибра, выбору коэффициентов высотной деформации и др. находятся в работе [2].

Выводы:

1. Предложена классификация некоторых видов профилей сложного поперечного сечения и профилей с односторонними и двухсторонними ребрами, для изготовления традиционным и изотермическим процессами вальцовки.

2. Проведенные всесторонние исследования (-макро, -микро, механические свойства) качества профилей, изготовленных в условиях изотермического деформирования, соответствовали требованиям технической документации.

3. Проведенные эксперименты на примере изготовления профиля колодки парной и профилей с односторонними и двухсторонними ребрами показали, что представленные профили экономически выгодно изготавливать на оборудовании для вальцовки заготовок в условиях изотермического деформирования. Поскольку применяется оборудование меньшего усилия и габаритов, за счет улучшения пластичности. Кроме этого, снижается себестоимость изготовления приведенных профилей за счет снижения расхода штамповой стали, трудоемкости изготовления вальцовочных штампов и уменьшения энергозатрат; улучшается качество структуры и механические свойства вальцованных профилей.

### Список литературы

1. Скрыбин С.А. Вальцовка профилей сложного поперечного сечения в условиях изотермического и приближенных к нему деформирования. /Скрыбин С.А., Швец Л.В.// Технологические системы. – 2008. - № 2 (42). – С. 59 – 63.
2. Скрыбин С.А. Изготовление поковок из алюминиевых сплавов горячим деформированием. /Скрыбин С.А. // К.: «Квіц». – 2004. – 346 с.
3. Белов А.Ф. Алюминиевые сплавы. Производство полуфабрикатов из алюминиевых сплавов. Справочное руководство. – Ответственные редакторы: /Белов А.Ф., Квасов Ф.И.//. – М.: Металлургия, 1971.
4. Бахтинов В.П. Калибровка прокатных валков. / Бахтинов В.П., Штернов М.М.//. – М.: Металлургиздат, 1953
5. Смирнов В.К., Шилов В.А., Игнатович Ю.В. Калибровка прокатных валков. – М.: Металлургия, 1987.
6. Скороходов Н.Е., Илюкович Б.М., Шулаев И.П., Есипов В.Д., Капелюшный В.П. Калибровка сложных профилей. Справочник. – М.: Металлургия, 1979.
7. Диомидов Б.Б., Литовченко Н.В. Калибровка прокатных валков. – М.: Металлургия, 1970.
8. Кочетов И.М. Калибровка валков с применением системы развернутых калибров. – М.: Металлургия, 1971.
9. Шадрин В.А. Инженерные методы расчетов деформации металла при прокатке. – М.: Металлургия, 1973.
10. Тарновский И.Я., Скороходов А.Н., Илюкович Б.М. Элементы теории прокатки сложных профилей– М:Металлургия, 1972
11. Корнеев В.М. 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– 39с

УДК 621.9.06.–233.1:621.822.76

Ю.М. Данильченко, д-р техн.наук, К.М. Рудаков, д-р техн.наук, В.І. Коломієць, ас.  
НТУ України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

## ІДЕНТИФІКАЦІЯ ПОХИБКИ ОБЕРТАННЯ РАДІАЛЬНО-УПОРНОГО КУЛЬКОВОГО ПІДШИПНИКА ОПОРІ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА

*Проведено теоретичне дослідження можливості ідентифікації похибок обертання внутрішніх кілець радіально-упорних кулькових підшипників за деформаціями його зовнішніх кілець. На прикладі навантаженого осьювою силою шпиндельного підшипника, розраховано зміни деформованого стану зовнішнього кільця при фіксованих поворотах внутрішнього з виділенням складової, обумовленої похибками геометрії бігових доріжок кілець і різномірності кульок. Встановлено співвідношення величини цієї складової з величиною похибки обертання внутрішнього кільця.*

*Theoretical research of possibility of identification of errors motion of inner rings of angular contact ball bearings is conducted after deformations of it outer rings. On an example loaded with axial force bearing changes of the deformed state of outer ring at the fixed rotation of the inner ring and it's part from failure of raceway geometrical profile and balls diameters are calculated. Correlation of magnitude of this part is set with the magnitude of error motion of inner ring.*