



УДК 621.73

Скрябин С.А.¹, Швец Л.В.², Музычук В.И.²¹ НПЦ "Ухналь". Украина, Киев.² Винницкий Государственный аграрный университет. Украина, Винница**ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ВАЛЬЦОВКЕ ЗАГОТОВОК ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ В ГЛАДКИХ ВАЛКАХ И УСЛОВИЯХ ПРИБЛИЖЕННЫХ К ИЗОТЕРМИЧЕСКИМ****Анотація**

У статті, аналізуючи переваги ізотермічного деформування, у порівнянні з деформуванням металу у звичайних умовах, проведені дослідження технологічного параметра (випередження) процесу вальцювання заготовок із алюмінієвих сплавів, в умовах наближених до ізотермічних. Визначено залежності випередження від ступеня деформації, температур нагрівання заготовок і вальцювальних штампів при вальцюванні в гладких валках.

Abstract

The article carries out research of technological parameter (advance) of expanding aluminum alloy parts under conditions as much as possible close to isothermal by analyzing advantages of isothermal deformation of metal comparing to normal conditions. Relationship of advance to deformation ratio, heating temperature of parts and expansion pattern during roll forging has been established.

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 [1–5]. Широкое использование алюминиевых сплавов определяется их техническими, физическими и механическими свойствами.

Детали из алюминиевых сплавов применяемые в изделиях авиационной промышленности отличаются конструктивной сложностью (наличие тонких высоких ребер, малых радиусов сопряжения, тонких полотен, открытых и закрытых сечений с глубокими ребрами и т.д.). Среди этой номенклатуры значительный объем занимают детали удлиненной формы с большим перепадом площадей поперечных сечений вдоль оси, для подготовки под штамповку которых применяется процесс вальцовки. Применение процесса вальцовки заготовок в условиях приближенных к изотермическим, даст возможность максимально использовать эффект сверхпластичности, поскольку деформирование нагретых заготовок будет производиться инструментом нагретым до температур деформирования (или близко к ним). Такая схема позволит снизить усилия деформирования за счет повышения пластичности обрабатываемого металла, которое происходит из-за полного протекания разупрочняющих процессов. Равномерная деформация заготовки, при отсутствии зон затрудненной деформации и локального перегре-

ва, обеспечивает хорошую и всестороннюю обработку структуры, и, как следствие, уменьшает разброс свойств в объеме заготовки.

Данная 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 настоящее время опубликовано крайне мало работ по исследованию возможностей вальцовки заготовок в изотермических условиях и близко к ним. Поэтому проведение исследований по влиянию температуры, скорости деформирования, степени деформации на технологические параметры вальцовки заготовок в условиях, приближенных к изотермическим, является актуальной задачей, решение которой приведет к улучшению пластичности и снижению усилий деформирования, повышению качества полуфабрикатов.

Создание изотермических условий позволяет проводить штамповку в оптимальном термомеханическом режиме, использовать явление сверхпластичности и дает возможность изготавливать штампованные поковки сложной конфигурации (фланцы, кронштейны, фитинги, рычаги, качалки и др.) и повышенного качества с минимальными допусками на механическую обработку, минимальным облоем, штамповочным уклоном $30' \dots 1^\circ 30'$, обеспечить КИМ 0,8...0,85, рис. 1 а–в.

Технологический процесс изотермической штамповки предусматривает изготовление штампованной поковки в окончательном ручье штампа за один рабочий ход пресса. В случае необходимости перераспределения металла исходной заготовки в целях получения ее формы приближенной к конфигурации штампованной поковки, необходимо для изготовления поволок удлиненной формы применять процесс вальцовки и подготовительные ручьи.

Для изготовления точных заготовок под окончательную штамповку, в частности с применением процесса вальцовки, рекомендуется в технологии использовать ковочные вальцы описанные в работе [2]. Устанавливать предварительно спрофилированную заготовку в штамп необходимо с большой точностью, избегая заваливания и смещения.

В работе получили дальнейшее развитие исследования проведенные д.т.н. С.А. Скрыбиным и опубликованные в работе [6]. Дальнейшее развитие заключается в проведении дополнительных экспериментальных исследований по влиянию степеней деформации, температур нагрева вальцовочных штампов, а также температур нагрева



а



б



в

Рис. 1. Типовые поковки, изготавливаемые изотермической штамповкой

заготовок и использования для проведения экспериментов, кроме сплава АК6, сплавов АК4, АК4-1, АК8, АМг1, АМг2, АМг6, АМЦ.

В данной работе описаны экспериментальные исследования технологического параметра процесса вальцовки — опережения "S".

Эксперименты проводились по методике описанной в работе [6] на опытной установке приведенной в работе [2] в гладких валках и в условиях, приближенных по температурному фактору к изотермическим.

Опережение — скоростная характеристика процесса вальцовки. Одна из причин возникновения опережения — сложение скорости перемещения металла от нейтрального сечения в сторону выхода из валков при обжатии с поступательной скоростью движения всей полосы. Другая — наличие зон затрудненной деформации или зон твердения при горячей вальцовке у контактных поверхностей. Эти зоны как бы увеличивают диаметр валков, сообщая более глубоко лежащим слоям вальцуемого металла скорость движения большую окружной скорости валков. Третья — вблизи плоскости выхода металла из валков, при отсутствии значительного развития уширения, возрастает скорость перемещения элементарных участков металла вдоль оси вальцовки, в то время, когда окружная скорость валков остается постоянной.

При расчете длины деформируемого участка, имеющего переменное сечение вдоль оси, точность определения опережения крайне необходима, так как кроме определения размеров поперечных сечений требуется рассчитывать и длину его отдельных участков. В случае неправильного определения опережения, длина заготовки после вальцовки в предыдущем участке может быть больше или меньше расчетной и не соответствовать длине последующего участка, что может привести к браку вальцуемой заготовки.

Для определения влияния степени деформации, температур нагрева заготовок и вальцовочных штампов на опережение, заготовки из выше названных сплавов с размерами $\varnothing 14 \times 150$ мм нагретые до температуры 450°C [7] вальцевали в гладких валках со степенями деформации 30, 40 и 50%. Вальцовочные штампы нагревались последовательно до температуры 20, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450°C . Температуру замеряли хромель-алюмелевой термопарой и регулировали с помощью самопишущего прибора КСП. Частота вращения валков составляла 0,2–1.

На рис. 2 представлены зависимости изменения опережения от степени деформации и температуры нагрева вальцовочных штампов. Анализ экспериментальных данных представленных в табл. 1 и на рис. 2 показывает, что с повышением температуры нагрева вальцовочных

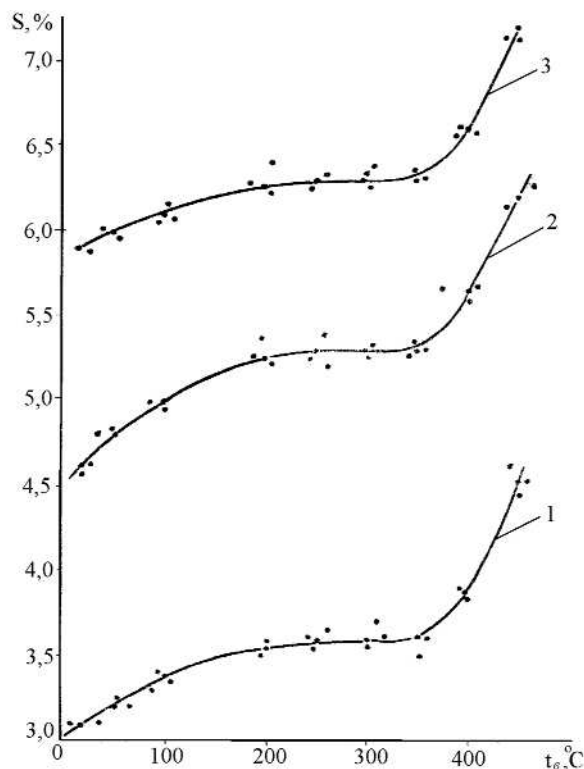


Рис. 2. Зависимость опережения от степени деформации и температуры нагрева вальцовочных штампов (степень деформации: 1 — 30%; 2 — 40%; 3 — 50%)

штампов до 250°C , значения опережения возрастают по сравнению со значениями опережения при деформации в вальцовочных штампах, имеющих температуру 20°C на 14,2; 16,48 и 12,52% при степенях деформации 30, 40 и 50% соответственно.

Увеличение опережения с повышением температуры нагрева вальцовочных штампов происходит за счет уменьшения коэффициента трения, повышения пластичности обрабатываемого металла и протекания разупрочняющихся процессов.

В интервале температур нагрева вальцовочных штампов $220\text{--}350^\circ\text{C}$ и постоянной степени деформации, опережение практически не меняется, а

Таблица 1

Значения опережения S в зависимости от степени деформации ϵ и температуры нагрева вальцовочных штампов t_n

	Температура, t_n		
	20°C	250°C	450°C
Опережение, S , %	$\epsilon = 30\%$		
	3,1	3,54	4,55
	$\epsilon = 40\%$		
	4,55	5,3	6,2
	$\epsilon = 50\%$		
	5,59	6,29	7,2

изменение степеней деформации увеличивают абсолютные значения опережения. Так, повышение степени деформации до 40% приводит к увеличению опережения относительно 30% на 49,7%. Повышение степени деформации до 50% приводит к увеличению опережения относительно 30% на 77,68%, а относительно 40% на 18,68%.

Характер поведения зависимостей опережения от степени деформации и температур нагрева вальцовочных штампов в интервале 220–350°C объясняется достижением равенства осевых сжимающих напряжений направленных вдоль и поперек очага деформации, а также равенства смещенных объемов металла в этих направлениях.

Дальнейшее повышение температуры нагрева вальцовочных штампов до 450°C ведет к увеличению значений опережения по сравнению со значениями опережения при деформации в вальцовочных штампах имеющих: температуру 20°C на 46,8; 36,26 и 28,8%, температуру 250°C на 28,53; 17 и 14,47% соответственно при степенях деформации 30, 40 и 50%.

Изменение степени деформации от 30 до 50% увеличивает значение опережения, не изменяя характера зависимостей их от температуры нагрева вальцовочных штампов.

В другой серии экспериментов, заготовки из выше названных сплавов с размерами $\varnothing 14 \times 150$ мм, нагретые в камерной печи электросопротивления до температур 300, 350, 400, 450, 470 +10°C вальцевали в гладких вальцовочных штампах, которые нагревали последовательно до температур 20, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 470°C. Вальцовка проводилась со степенями деформации 30 и 40%. Результаты экспериментальных данных представлены на рис. 3, 4.

Анализ экспериментальных данных представленных на рис. 3, 4 показывает, что с увеличением степени деформации, температур нагрева заготовок и вальцовочных штампов опережение увеличивается за счет уменьшения коэффициента трения, повышения пластичности обрабатываемого металла и протекания разупрочняющихся процессов. Кроме этого, необходимо отметить, что в интервале температур нагрева вальцовочных штампов 220–350°C, опережение при постоянной степени деформации (аналогично представленному на рис. 2) практически не меняется, а изменение степеней деформации ведет к увеличению абсолютных его значений (рис. 3, 4).

Выводы

1. Анализируя преимущества изотермического деформирования, в сравнении с деформированием металла в обычных условиях, проведены экспериментальные исследования технологического параметра (опережения) процесса вальцовки заготовок

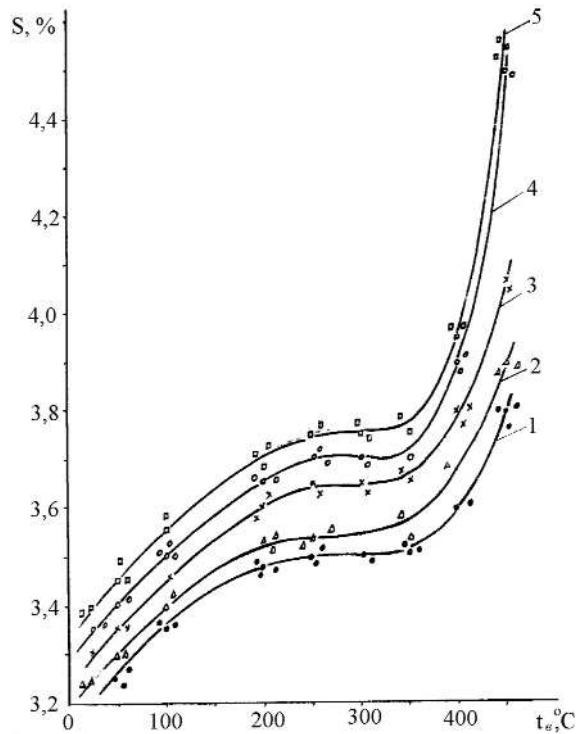


Рис. 3. Зависимость опережения от температуры нагрева штампов при степени деформации 30%, (температура нагрева заготовок: 1 – 300°C; 2 – 350°C; 3 – 400°C; 4 – 450°C; 5 – 470°C)

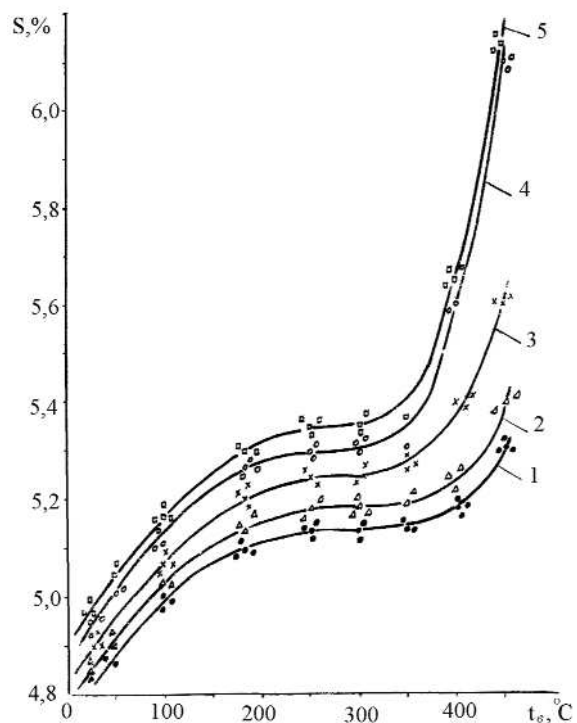


Рис. 4. Зависимость опережения от температуры нагрева штампов при степени деформации 40%, (температура нагрева заготовок: 1 – 300°C; 2 – 350°C; 3 – 400°C; 4 – 450°C; 5 – 470°C)

из алюминиевых сплавов, в условиях приближенных к изотермическим. Определены зависимости опережения от степени деформации, температур нагрева вальцовочных штампов и заготовок при вальцовке в гладких валках.

2. Установлено, что в интервале температур нагрева вальцовочных штампов 220–350°C при постоянной степени деформации, опережение при вальцовке заготовок из алюминиевых сплавов практически не меняется, а изменение степеней деформации увеличивают абсолютные значения опережения.

3. Вальцовку заготовок из алюминиевых сплавов, в условиях приближенных к изотермическим, рекомендуется проводить в штампах нагретых до температур 250–350°C, при которых значения величин опережения постоянны.

Литература

1. *Скрябин С.А., Полохов В.Н., Скрябин К.С./* Применение процесса вальцовки и подготовительных ручьев при изготовлении горячим деформированием штампованных поковок из алюминиевых сплавов с вытянутой осью и закрытыми сечениями// *Технологические системы.* — 2003. — №4. — С. 32–37.
2. *Скрябин С.А./* Изготовление поковок из алюминиевых сплавов горячим деформированием// *К.: "Квіц".* — 2004. — 346 с.
3. *Скрябин С.А., Полохов В.Н., Скрябин К.С./* Применение процесса вальцовки и подготовительных ручьев при изготовлении горячим деформированием штампованных поковок из алюминиевых сплавов, имеющих вытянутую ось с отрезками// *Технологические системы.* — 2004. — №3. — С. 29–32.
4. *Скрябин С.А., Полохов В.Н., Барабой Н.Н., Скрябин К.С./* Штамповка поковок из алюминиевых сплавов с вытянутой осью, тонким полотном, закрытыми сечениями и глубокой полостью// *Технологические системы.* — 2006. — №1. — С. 30–35.
5. *Скрябин С.А., Барабой Н.Н./* Исследование пластичности титанового сплава ВТЗ-1 при деформировании в калибрах различных систем// *Технологические системы.* — 2006. — №2. — С. 45–49.
6. *Скрябин С.А.* Исследование термомеханических параметров вальцовки заготовок в изотермических условиях. — *К.: Вестник национального технического университета Украины "Киевский политехнический институт".* Машиностроение. — 1998, вып. 33. С. 311–317.
7. *ПИ 1.2. 085-78.* Ковка и штамповка деформируемых алюминиевых сплавов. — *М.: ВИАМ,* 1978.