

ИССЛЕДОВАНИЯ УШИРЕНИЯ И СТРУКТУРЫ ЗАГОТОВОК ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ПРИ ГОРЯЧЕЙ ВАЛЬЦОВКЕ**Скрябин С. А., Гунько И. В., Бубновская И. А.**

Описаны теоретические исследования влияния температуры нагрева вальцовочных штампов на распределение: степени обжатия, скорости деформации, температуры заготовки в поперечном сечении очага деформации. Для определения расчетных зависимостей использована конечно-элементная программа для моделирования технологии объемной штамповки «QForm». Представлен анализ проведенных теоретических и экспериментальных исследований, который показал, что температура нагрева вальцовочных штампов существенно изменяет характер поведения зависимости уширения от степени обжатия, температуры и др. факторов. С увеличением температуры нагрева вальцовочных штампов, структура заготовок выравнивается по всему периметру овального калибра.

Описані теоретичні дослідження впливу температури нагріву вальцювальних штампів на розподіл: ступеня обтиснення, швидкості деформації, температури заготовки в поперечному перерізі осередку деформації. Для визначення розрахункових залежностей використана кінцево-елементна програма для моделювання технології об'ємного штампування «QForm». Представлено аналіз проведених теоретичних та експериментальних досліджень, який показав, що температура нагріву вальцювальних штампів істотно змінює характер поведінки залежності розширення від ступеня обтиснення, температури та ін. факторів. Зі збільшенням температури нагріву вальцювальних штампів, структура заготовок вирівнюється по всьому периметру овального калібру.

The theoretical the effect study about heating temperature on the distribution rolling dies has been described the reduction degree, strain rate, temperature, billet cross-sectional deformation zone. To determine the calculated dependences of course it is used-cell technology program to simulate forging «QForm». Presented by the analysis of theoretical and experimental studies, which showed that the temperature of rolling dies significantly alters the behavior of the dependence of the broadening of the degree of compression, temperature and other factors. With increasing heating temperature bending dies, billet structure is aligned along the perimeter of the oval caliber.

Скрябин С. А.

д-р техн. наук, проф. ВНАУ

Гунько И. В.

канд. техн. наук, доц. ВНАУ

Бубновская И. А.

аспирант ВНАУ

bubnovska@mail.ru

УДК 621.7.016.2:669.715

Скрябин С. А., Гунько И. В., Бубновская И. А.

ИССЛЕДОВАНИЯ УШИРЕНИЯ И СТРУКТУРЫ ЗАГОТОВОК ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ПРИ ГОРЯЧЕЙ ВАЛЬЦОВКЕ

Данная работа является продолжением исследований технологических параметров (уширения) при вальцовке заготовок круглого сечения в овальных калибрах [1–3]. Вальцовка как технологический процесс, который способствует максимальному приближению формы и размеров заготовок к форме и размерам готовых деталей, позволяет снизить не только расход остродефицитных дорогостоящих металлов, а и трудоемкость их изготовления [2]. Вальцовка в промежуточном и в окончательном овальном калибре достаточно распространена при горячей штамповке. Наиболее часто при этом применяют системы калибров: круг – овал; круг – овал – квадрат; круг – овал – ромб – квадрат; круг – овал – круг; круг – овал – ромб – круг и др.

Целью работы является оценка влияния температуры нагрева вальцовочных штампов на уширение и структуру вальцованных заготовок из алюминиевых сплавов.

Для определения влияния температуры нагрева вальцовочных штампов на уширение, заготовки из алюминиевого сплава АК6 с размерами Ø14 × 150 мм, нагретые до температуры 470 °С, вальцевали в овальных калибрах (табл. 1) со степенями обжатия 30, 40 и 50 %. Вальцовочные штампы нагревались последовательно до температур 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500 °С. Температуру замеряли хромель-алюмелевой термопарой и регулировали с помощью самопишущего прибора КСП. Частота вращения валков составляла 12 мин⁻¹. В экспериментальных исследованиях использованы методы оптической микроскопии, математической статистики.

Таблица 1

Размеры овальных калибров для вальцовки заготовок из алюминиевых сплавов с размерами Ø14 × 150 мм

Отношение осей, <i>a</i>	Высота калибра <i>h</i> , мм	Ширина калибра <i>b</i> , мм	Радиус калибра <i>R</i> , мм	Коэффициент вытяжки, λ
2,0	9,3	18,65	11,70	1,45
2,4	8,3	19,9	11,95	1,55
2,8	7,1	20,1	12,00	1,65

Коэффициент трения μ определен из условий максимального угла захвата [4]. Установлено, что при вальцовке заготовок из алюминиевых сплавов без применения смазочного материала и классе шероховатости валков $\nabla 5$, $R_a = 3,2$ мкр, $\mu = 0,32$. При $\nabla 7$, $R_a = 0,8$ мкр, $\mu = 0,3$.

На рис. 1 представлены зависимости уширения от степени обжатия и температуры нагрева вальцовочных штампов при вальцовке заготовок круглого сечения с размерами Ø14 × 150 мм из сплава АК6 в овальных калибрах. Анализ экспериментальных данных, представленных на рис. 1, показывает, что с повышением температуры нагрева вальцовочных штампов до 250 °С, значения уширения уменьшаются относительно исходного поперечного сечения заготовки при деформации в вальцовочных штампах, имеющих температуру 20 °С, соответственно на 17; 26 и 38 % для разных степеней обжатия.

Характер поведения зависимостей уширения от степени обжатия и температуры нагрева вальцовочных штампов в интервале 20–250 °С (рис. 1) можно объяснить следующим.

При температуре штампов 20 °С и степенях обжатия 30, 40, 50 % контактная площадь соприкосновения металла с вальцовочными штампами небольшая, учитывая прокатку круглой заготовки Ø14 мм.

При этом осевые сжимающие напряжения, направленные вдоль очага деформации, незначительны по сравнению со сжимающими напряжениями, действующими в поперечном направлении, поэтому наблюдается рост уширения. Снижение уширения с увеличением температуры нагрева вальцовочных штампов происходит за счет повышения пластичности обрабатываемого металла и протекания разупрочняющих процессов [2].

В интервале температур нагрева вальцовочных штампов 250–350 °С при постоянной степени обжатия, уширение практически не меняется, а изменение степеней обжатия меняет абсолютные значения уширения на 11,3; 9,3 и 8,6 % относительно исходного поперечного сечения заготовок, деформируемых, соответственно, со степенями обжатия 30, 40 и 50 %. Это происходит вследствие протекания разупрочняющих процессов, достижения равенства осевых сжимающих напряжений, направленных вдоль и поперек очага деформации, а также равенства смещаемых объемов в этих направлениях и отсутствия зон затрудненной деформации.

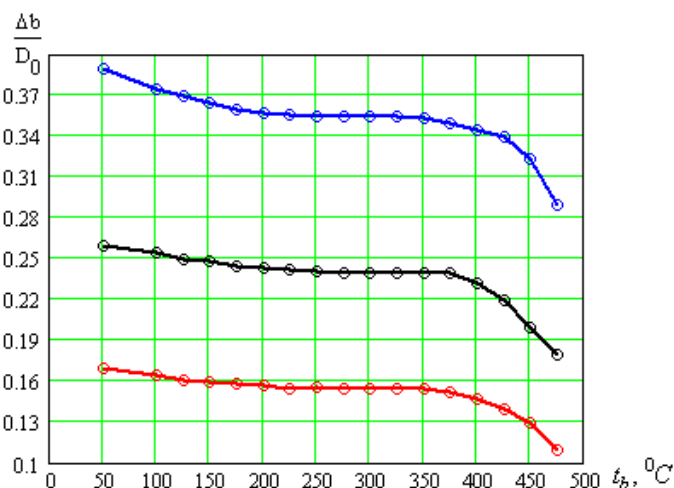


Рис. 1. Зависимость уширения от температуры нагрева вальцовочных штампов (степень обжатия: 1 – 30 %; 2 – 40 %; 3 – 50 %)

С повышением температуры нагрева вальцовочных штампов до 450, 470 °С и вальцовке заготовок со степенями обжатия 30, 40 и 50 %, значения уширения относительно исходного поперечного сечения заготовки уменьшаются соответственно на 21,4; 13,7 и 11,8 % (450 °С), 58,7, 32,8 и 22,6 % (470 °С). Снижение уширения происходит за счет увеличения осевых сжимающих напряжений, направленных вдоль очага деформации, более полного протекания разупрочняющих процессов, отсутствия зон затрудненной деформации.

Проведенный анализ изменения уширения показал, что с увеличением температуры нагрева вальцовочных штампов значения уширения уменьшаются.

Из анализа рис. 1 видно, что изменение степени обжатия от 30 до 50 % увеличивает значение уширения, не изменяя характера зависимостей их от температуры нагрева вальцовочных штампов. Выше было отмечено, что с увеличением степени обжатия объем металла по ширине, и, следовательно, уширение при прочих равных условиях возрастают.

Эксперименты показали, что наилучшие коэффициенты вытяжки и уширения без образования заусенца при вальцовке заготовок из алюминиевых сплавов, обеспечиваются при отношении осей овального калибра, $a = 2,6–4,0$.

На рис. 2 представлена макроструктура поперечных сечений вальцованных заготовок (сплав АК6, степень деформации 50 %) при температуре 470 °С в овальных калибрах

и различных температурах нагрева вальцовочных штампов. Результаты проведенных всесторонних исследований (макро-, микро-, механические свойства) качества вальцованных заготовок соответствовали требованиям технической документации [4].

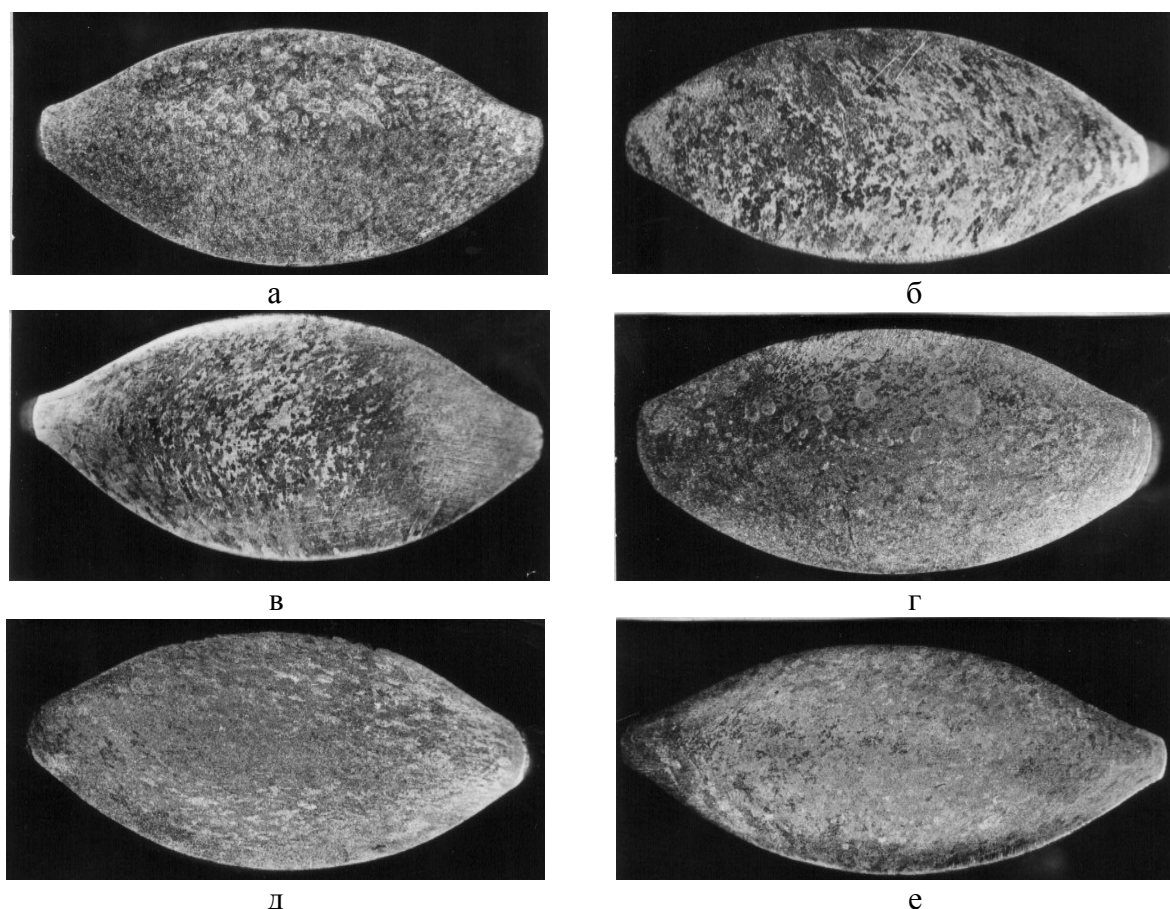


Рис. 2. Макроструктура поперечного сечения вальцованных заготовок при температуре вальцовочных штампов:
а – 20 °С; б – 150 °С; в – 200 °С; г – 250 °С; д – 300 °С; е – 370 °С

Из анализа макроструктуры (рис. 2), видно, что с увеличением температуры нагрева вальцовочных штампов структура выравнивается по всему периметру овального калибра. Объясняется это тем, что в этих условиях течение металла, степень заполнения гравюры вальцовочного штампа, сопротивление металла деформации, трение существенно зависят от температуры нагрева вальцовочных штампов.

Необходимо особо отметить, что в интервале температур нагрева вальцовочных штампов 250–350 °С и постоянном обжатии, уширение практически не меняется, а изменение степеней обжатия меняет значения уширения. Это происходит вследствие протекания разупрочняющих процессов, достижения равенства осевых сжимающих напряжений, направленных вдоль и поперек очага деформации, а также равенства смещаемых объемов в этих направлениях и отсутствия зон затрудненной деформации.

Для определения расчетных зависимостей влияния температуры нагрева вальцовочных штампов на макроструктуру заготовок при вальцовке алюминиевых сплавов в данной работе применялась программа для моделирования технологии объемной штамповки «QForm» [5], расчеты в которой проводятся по методу конечных элементов. Программа позволяет получить данные напряженно-деформированного состояния по изменению полей температуры, степени, скорости и сопротивления деформации в зависимости от температуры нагрева вальцовочных штампов в поперечном сечении заготовок, рис. 3.

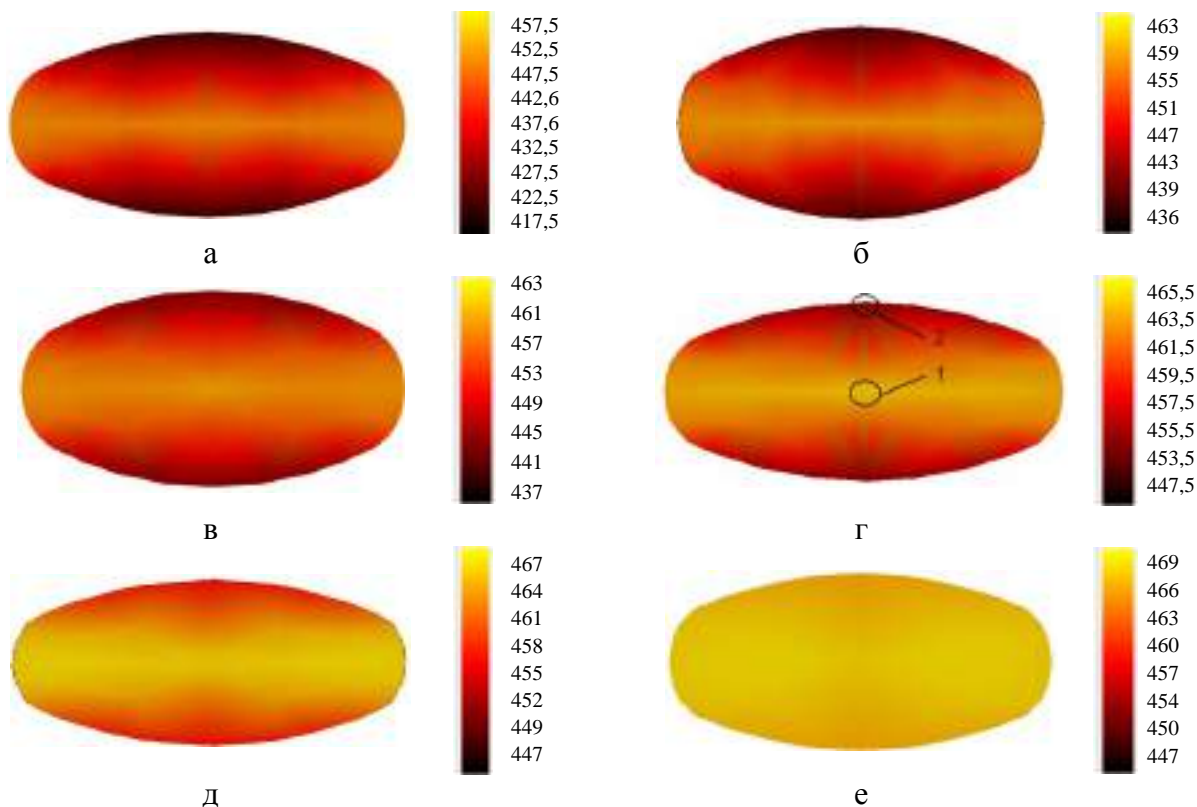


Рис. 3. Температура в поперечном сечении заготовки в конце геометрического очага деформации, °С, при температуре нагрева вальцовочных штампов: а – 20 °С; б – 150 °С; в – 250 °С; г – 300 °С; д – 370 °С; е – 450 °С

В программу вводились исходные данные проведенного эксперимента для моделирования процесса прокатки алюминиевого сплава АК6 с размерами $\varnothing 14 \times 150$ мм.

Программа «QForm» предусматривает возможность определения величины температуры, степени, скорости и сопротивления деформации в выбранной точке поперечного сечения вальцованной заготовки. Определялись температуры в середине заготовки и в месте соприкосновения заготовки с вальцовочными штампами (рис. 3, д, точки 1 и 2), по которым строились зависимости температуры заготовки от температур нагрева вальцовочных штампов, рис. 4.

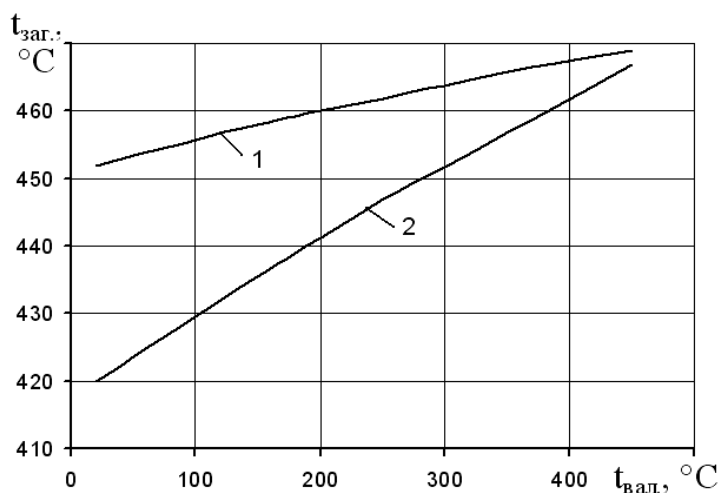


Рис. 4. Зависимость температуры в середине заготовки (1) и в месте соприкосновения заготовки с вальцовочными штампами (2) от температуры нагрева штампов в поперечном сечении конца геометрического очага деформации

Степень обжатия и температура в поперечном сечении заготовки в конце геометрического очага деформации распределяются неравномерно, при разных температурах нагрева штампов (рис. 5).

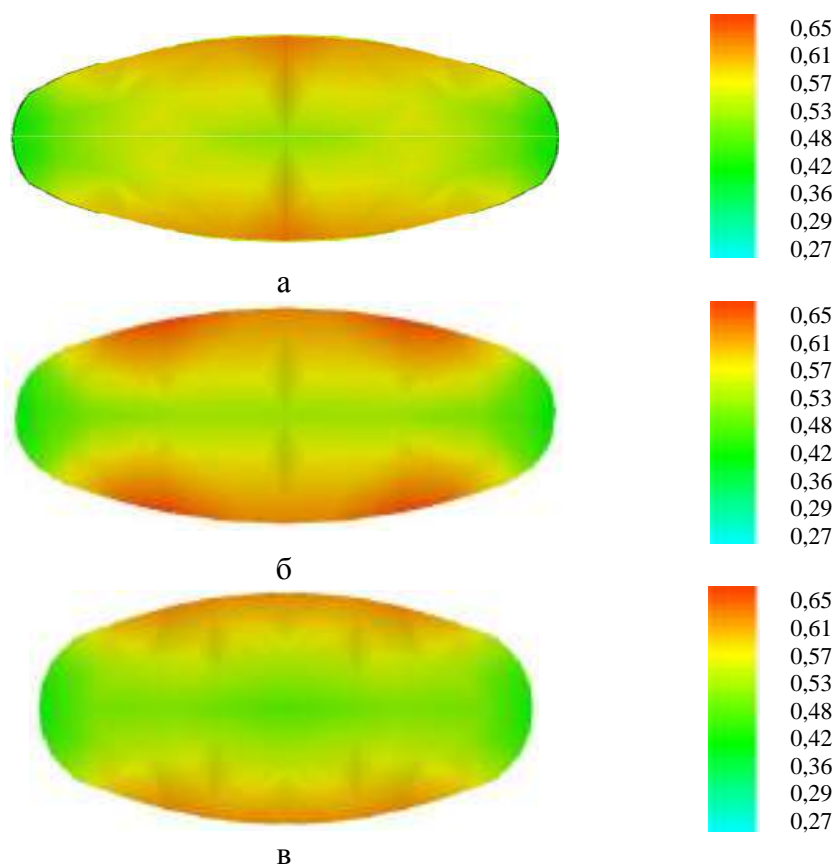


Рис. 5. Степень обжатия в поперечном сечении заготовки в конце геометрического очага деформации (сплав АК6, размеры $\text{Ø}14 \times 150$ мм, степень обжатия 50 %), при температуре нагрева вальцовочных штампов:

а – 20 °С; б – 200 °С; в – 450 °С

Из анализа рис. 6, 7, 8 видно, что степень и скорость деформации изменяются незначительно под влиянием нагрева инструмента и зависят от геометрических размеров калибра.

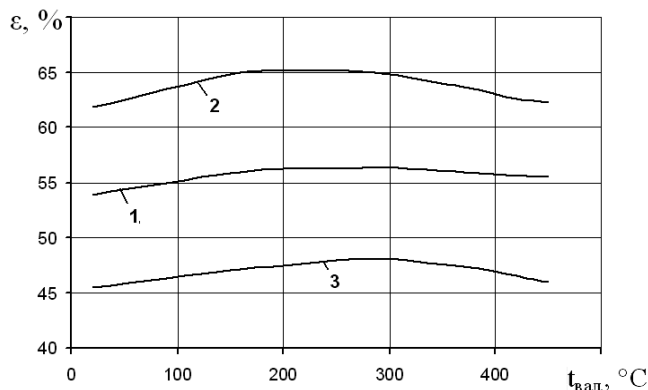


Рис. 6. Зависимость степени деформации от температуры нагрева штампов в поперечном сечении конца геометрического очага деформации: в середине заготовки (1); в месте соприкосновения заготовки с вальцовочными штампами (2); во внеконтактных зонах (3)

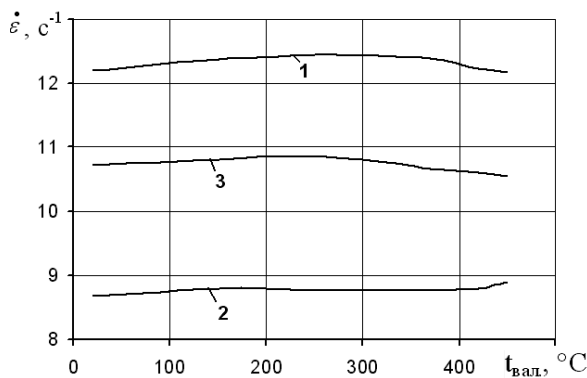


Рис. 7. Зависимость скорости деформации, с⁻¹ от температуры нагрева штампов в поперечном сечении середины геометрического очага деформации: в середине заготовки (1); в месте соприкосновения заготовки с вальцовочными штампами (2); во внеконтактных зонах (3)

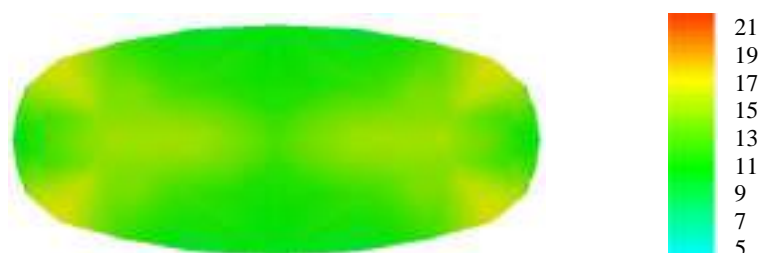


Рис. 8. Скорость деформации в поперечном сечении заготовки в середине геометрического очага деформации, с⁻¹ (сплав АК6, Ø14 × 150 мм, степень обжатия 50 %)

ВЫВОДЫ

Анализ проведенных экспериментов показал, что температура нагрева вальцовочных штампов существенно меняет характер поведения зависимости уширения от степени обжатия, температуры и др. факторов. Из анализа макроструктуры заготовок, вальцованных в овальном калибре, видно, что с увеличением температуры нагрева вальцовочных штампов, структура выравнивается по всему периметру овального калибра. Наилучшие коэффициенты вытяжки и уширение без образования заусенца при вальцовке заготовок обеспечиваются при отношении осей овального калибра $a = 2,6-4,0$.

С помощью использования программы для моделирования технологии объемной штамповки «QForm» получены данные напряженно-деформированного состояния по изменению полей температуры, степени, скорости и сопротивления деформации в зависимости от температуры нагрева вальцовочных штампов в поперечном и продольном сечениях деформируемых заготовок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скрябин С. А. *Технология горячего деформирования заготовок из алюминиевых сплавов на ковочных вальцах* / С. А. Скрябин. – Винница : О. Власюк, 2007. – 284 с.
2. Скрябин С. А. *Вальцовка заготовок из алюминиевых сплавов в условиях изотермического и приближенных к нему деформирования* / С. А. Скрябин, И. В. Гунько, Л. В. Швец. – Винница, 2010. – 136 с.
3. Бубновская И. А. *Экспериментальные исследования уширения и опережения при традиционной и изотермической вальцовках* / И. А. Бубновская // *Обработка материалов давлением : сб. научн. тр.* – Краматорск : ДГМА, 2010. – № 4 (25). – С. 103–109.
4. ОСТ 1. 90073-85. *Отраслевой стандарт по штамповкам и поковкам из алюминиевых сплавов. Технические условия. Введ. 01.11.85* / Н. И. Корнеев, В. М. Аржаков, Б. Г. Бормашенко и др. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 39 с.
5. «QForm 3D» – конечно-элементная программа для расчета процессов пластической деформации металлов и сплавов © 1991 – 2008 [Электронный ресурс]. – ООО «Квант Форм». – Режим доступа: www.qform3d.com.

Статья поступила в редакцию 24.10.2011 г.