

Садыков М.А.

**1561 АЛЮМИНИЙ КУЙМАСЫНЫН ЖОГОРКУ ИЙИЛЧЕКТИК ШАРТТАРДАГЫ
ТЕМПЕРАТУРАЛЫК ЫЛДАМДЫК РЕЖИМИ**

Садыков М.А.

**О ТЕМПЕРАТУРНО-СКОРОСТНОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ
АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА 1561**

M.A. Sadykov

**ABOUT TEMPERATURE-RATE DEFORMATION
ALUMINUM ALLOY 1561**

УДК: 5393;669.2/8

1561 алюминий куймасынан, куюлган абалында жогорку ийилчектик шарттарын эксперименталдык жол менен аныктоо маселеси каралган. Куйма, кысылууда жогорку ийилчектик абалда болуп ал эми чоюлууда бул абалдын кездешиптеги аныкталган. Кысылуудагы бул абал учун кошумча шарттар киргизилген.

Рассмотрена задача экспериментального установления режимов сверхпластичности алюминиевого сплава 1561 литом исходном состоянии. Показаны особенности сверхпластического деформирования, заключающиеся в отсутствии эффекта при растяжении и проявление его при сжатии. Для оценки сверхпластичности сплава в литом состоянии приняты дополнительные условия.

Consider the problem of experimentally determined regimes superplastic aluminum alloy 1561-cast. The show features the superplastic deformation, is the lack of effect in stretching a manifestation of its compression set. Assessment super-plastic-cast alloy agreement to additional terms.

Рассмотрим экспериментальную задачу оценки влияния на напряжение пластического течения σ температуры θ и кинематических характеристик (ϵ -степени деформации, $\dot{\epsilon}$ -скорости деформации) при растяжении и сжатии образцов алюминиевого сплава 1561, находящегося в исходном литом состоянии. Опыты проводились в диапазоне температур $\theta=533...813\text{K}$ ($533...773\text{K}$ -растяжение, $573...813\text{K}$ -сжатие) с шагом 40K и скоростях деформирования $(\text{м/с})V_7=0,8\cdot 10^{-5}$; $V_6=2,3\cdot 10^{-5}$; $V_5=5,7\cdot 10^{-5}$; $V_4=1,43\cdot 10^{-4}$; $V_3=3,57\cdot 10^{-4}$.

Изучению закономерностей высокотемпературного деформирования при одноосном растяжении и сжатии образцов сплава 1561 в литом состоянии предшествовало тщательное исследование деформационных свойств группы образцов, нарезанных из различных зон исходного слитка. В результате статистически обоснованной оценки установлено, что при повышенных температурах устраняются последствия неоднородности исходной литой

структуры и происходит выравнивание свойств по объему слитка. Последнее способствует повышению достоверности полученных экспериментальных результатов при растяжении-сжатии [1].

По каждой программе опытов было испытано не менее трех образцов. Оценка показателей пластичности при растяжении осуществлялась через относительное остаточное удлинение ($\delta\%$) при разрыве, данные о котором приведены на рис.1 в форме зависимостей $\delta\%$ от температуры и скорости деформирования. На рис.1 также указаны усредненные статистические характеристики изменений в виде доверительных интервалов для всех скоростей деформирования. Максимальное усредненное значение удлинения достигало 30% и, как видно из графиков, показанных на рис.1, получалось при различных сочетаниях температуры и скорости деформирования.

На рис.2 приведены примеры графических зависимостей напряжения пластического течения от степени деформации (рис.2а), скорости деформации (рис.2б) и температуры (рис.2в) при растяжении.

Из графиков, представленных на рис.2б, видно, что для сплава 1561 в литом состоянии отсутствуют отклонения от монотонного характера кривых $\ln\sigma\sim\ln\dot{\epsilon}$. Поэтому очевидно что, при растяжении указанный сплав не проявляет явных признаков сверхпластичности в литом состоянии [2]. Относительно невысокие степени деформации при разрушении обусловлены, по-видимому, тем, что в процессе высокотемпературного растяжения в литом сплаве не успевает пройти динамическая рекристаллизация, с которой, как известно [2], связывается сверхпластичность алюминиевых сплавов. Аналогичный вывод позволяют сделать зависимости напряжений от температуры ($\sigma\sim\theta$ на рис.2в), на которых видно отсутствие нарушения монотонности или «провалов» напряжений. Эксперименты показали,

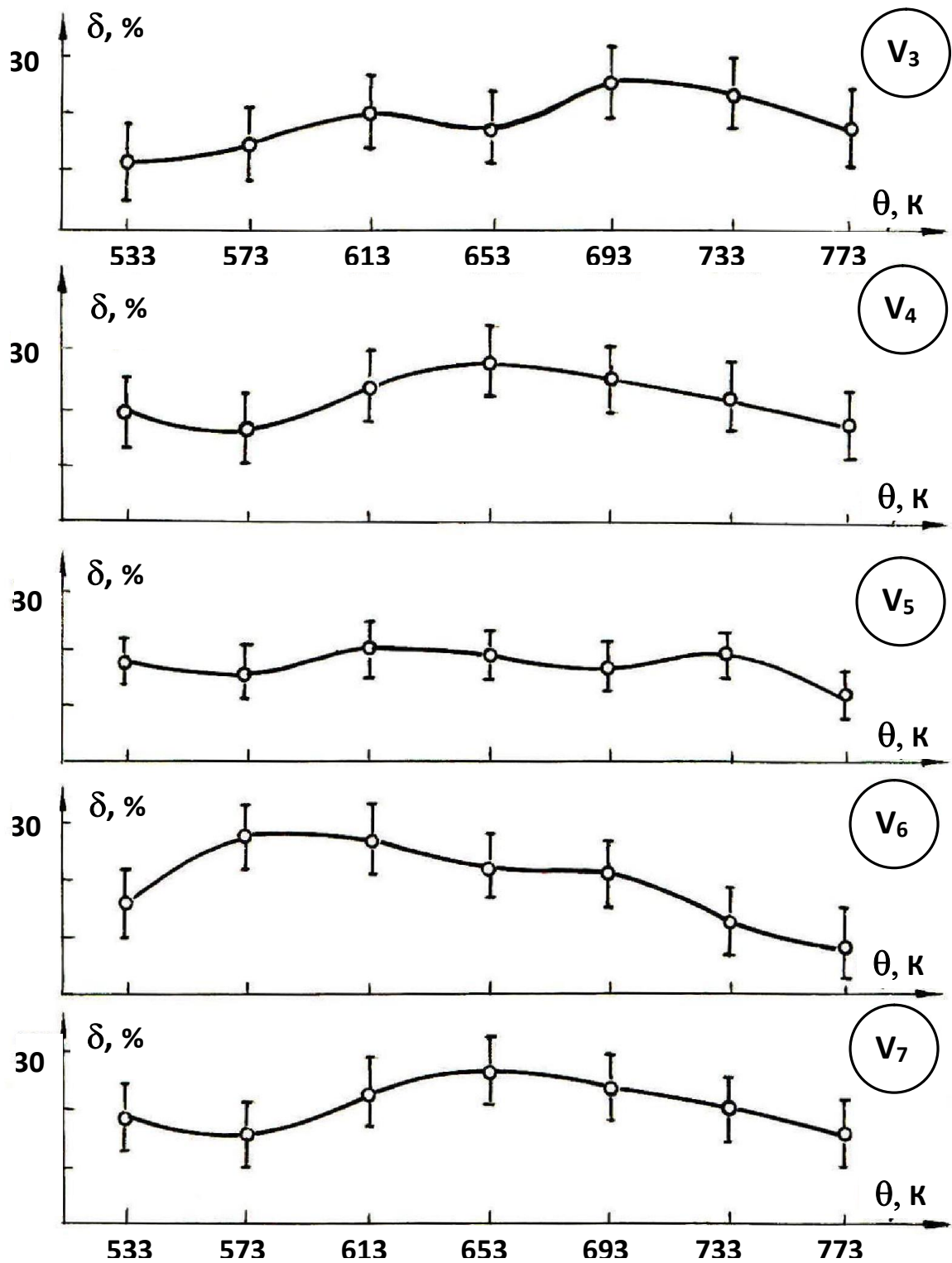


Рис. 1. Усредненные зависимости “ $\delta - \theta$ ” сплава 1561 в литом состоянии при разных скоростях деформирования.

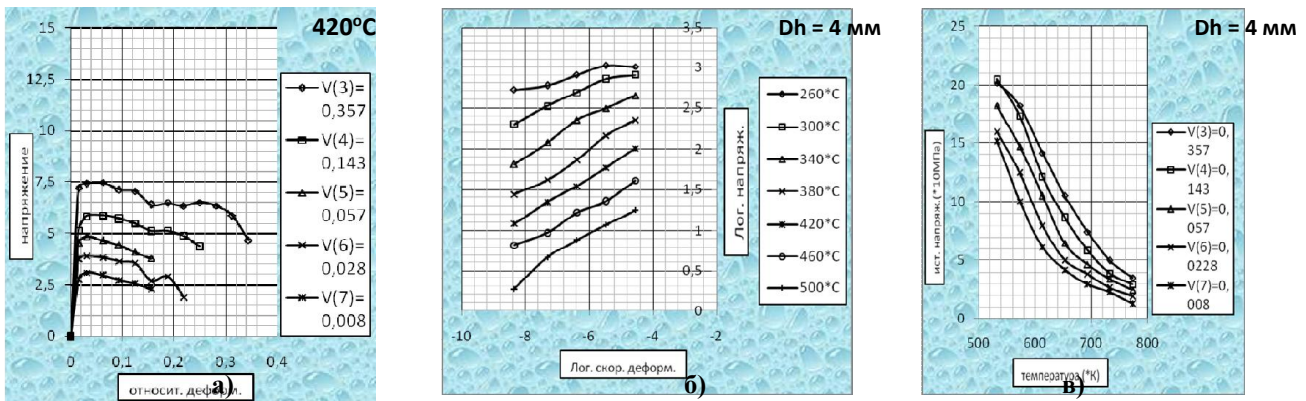


Рис. 2. Зависимости «напряжения-степень деформации» (рис.2а), при $\theta=679\text{K}$, и скоростях деформирования $V_3=0,357\text{мм}\cdot\text{с}^{-1}$, $V_4=0,143\text{мм}\cdot\text{с}^{-1}$, $V_5=0,057\text{мм}\cdot\text{с}^{-1}$, $V_6=0,0228\text{мм}\cdot\text{с}^{-1}$, и $V_7=0,008\text{мм}\cdot\text{с}^{-1}$; «напряжения-скорость деформации» (2б), а также «напряжения-температура» (2в) при одноосном растяжении сплава 1561 в литом состоянии.

что переход от растяжения к сжатию качественно изменяет деформационные свойства сплава в интервале температур 733...773K. На рис.3б представлены графики зависимости (изотермы) напряжения от скорости деформации при различных температурах. Как видно из приведенных графиков при температуре 773 K и скоростях деформации $\dot{\epsilon} > 4,47 \cdot 10^{-3}\text{с}^{-1}$ на кривых $\ln\sigma \sim \ln\dot{\epsilon}$ при температуре 773K наблюдается появление горизонтального участка по напряжениям, свойственного сверхпластичности, что имело место для таких сплавов как AMg5 и D18T [3].

Очевидно, что с возрастанием степени деформации в процессе сжатия за счет изменения рабочей длины образца увеличивается значение скорости деформации. Результаты опытов показывают, что указанный выше горизонтальный участок сохраняется и при последующих степенях деформации (в сторону высоких скоростей).

За пределами температурного диапазона 733...773K зависимости «напряжение-скорость деформации» ($\ln\sigma \sim \ln\dot{\epsilon}$) сглаживаются и носят строго монотонный характер. При температуре 813K наблюдается резкое снижение деформационной способности, связанное с пережогом сплава, вызывающего частичное оплавление по границам зерен и приводящим впоследствии кохруптиванию материала [4].

Как следствие возникновения стационарного участка на зависимостях $\ln\sigma \sim \ln\dot{\epsilon}$ явилось отклонение в интервале температур 693...773K от экспоненциального характера кривых «напряжение-температура» (рис.3б) для скоростей, принадлежащих скоростному диапазону сверхпластичности. Отмеченное неодинаковое поведение литого сплава 1561 при растяжении и сжатии при температурно-скоростном деформировании объясняется тем, что при растягивающих напряжениях дендритная структура разрушается. При сжатии же сжимающие напряжения могут привести к подавлению пористости и уплотнению дендритов с частичным формированием деформированной структуры. При этом некоторая доля объема образца может вести

себя как деформированный материал, механизм деформации которой отвечает полученному структурному состоянию.

Из экспериментальных зависимостей «напряжение-степень деформации» ($\sigma \sim \epsilon$) (рис.3а) обнаруживается, что при скоростях деформации, соответствующих стационарному (горизонтальному) участку кривых $\ln\sigma \sim \ln\dot{\epsilon}$ и $\sigma \sim \theta$, процесс деформирования протекает без упрочнения и разупрочнения. Иными словами, материал ведет себя как идеально пластическое тело, которое также соответствует сверхпластическому поведению исследованных промышленных алюминиевых сплавов [5].

Таким образом, приведенные экспериментальные результаты позволяют предположить, что сплав 1561 в литом состоянии проявляет при сжатии сверхпластические свойства, реализация которых при растяжении в температурно-скоростных режимах не осуществима.

В [6...10] приведены результаты исследования анизотропии пластической деформации текстурированного листа из сплава 1561 в зависимости от термомеханических условий деформирования. На основании полученных в [6...10] данных по изучению закономерностей изменения анизотропии предложено связать указанные изменения с режимами проявления сверхпластических свойств предварительно сильно деформированного материала. По существу предложен альтернативный известному (диапазоны неустойчивости напряжения по отношению к скорости деформации) макромеханический метод определения режимов проявления сверхпластичности для особого, а именно текстурированного структурного состояния сплава. В [8,9,10] принятые предположения подтверждены на структурном уровне. При этом показано, что равноосная ультрамелкозернистая структура материала формируется при минимальных значениях, близких к единице, показателя анизотропии. Следовательно, термомеханические режимы формирования оптимальной ультрамелкозернистой структуры для проявления сверхпластичности и минимум показателя анизотропии

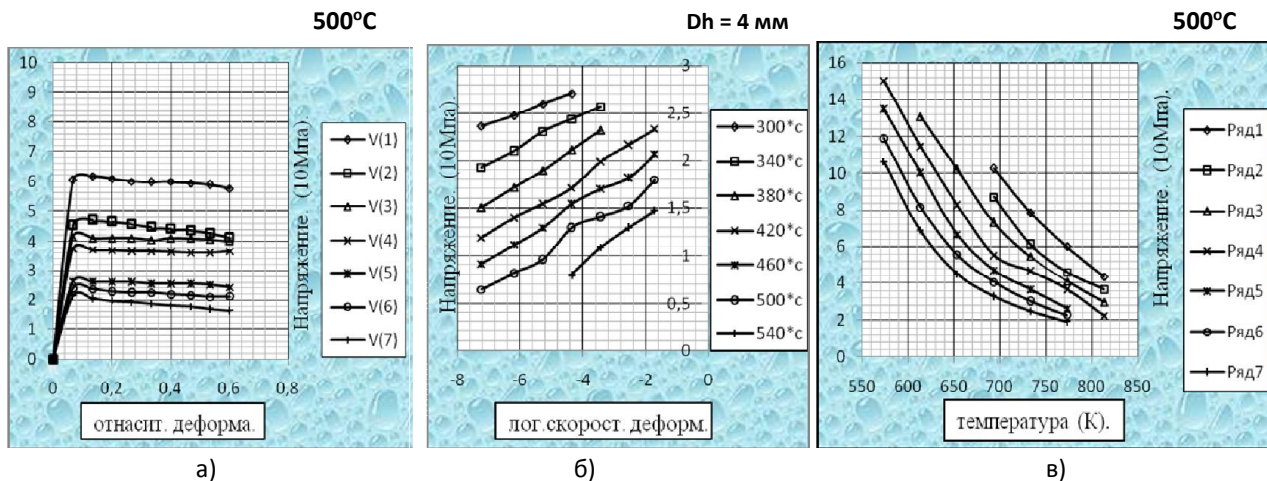


Рис. 3. Зависимости «напряжения-степень деформации» (рис.3а), при $\theta=773\text{K}$, и скоростях деформирования $V_1=2,0\text{мм}\cdot\text{с}^{-1}$ (ряд.1), $V_2=0,87\text{мм}\cdot\text{с}^{-1}$ (ряд.2), $V_3=0,357\text{мм}\cdot\text{с}^{-1}$ (ряд.3), $V_4=0,143\text{мм}\cdot\text{с}^{-1}$ (ряд.4), $V_5=0,057\text{мм}\cdot\text{с}^{-1}$ (ряд.5), $V_6=0,0228\text{мм}\cdot\text{с}^{-1}$ (ряд.6), и $V_7=0,008\text{мм}\cdot\text{с}^{-1}$ (ряд.7); «напряжения-скорость деформации» (3б), а также «напряжения-температура» (3в) при одноосном сжатии сплава 1561 в литом состоянии.

для сплава 1561 соответствуют друг другу.

В заключение отметим, что исследованная структурная ситуация при установлении закономерностей температурно-скоростного деформирования с определением режимов проявления эффекта сверхпластичности также рассматривается как особое структурное состояние, при котором литая крупнозернистая структура не позволяет явно обнаружить традиционные признаки динамической сверхпластичности, принятые в [2,5] для промышленных алюминиевых сплавов. Здесь представляется невозможным получить ярко выраженные условия нарушения монотонной зависимости напряжения от скорости деформации. Как видно из результатов, приведенных в виде графиков $\ln\sigma\sim\ln\dot{\epsilon}$ (рис.2а), при растяжении имеет место для всех температур практически монотонный характер при отсутствии «провалов» напряжений на кривых $\sigma\sim\dot{\epsilon}$ (рис.2б). В этом случае для оценки способности проявлять сверхпластические свойства в данной структурной ситуации можно отнести наличие стационарных участков на кривых «напряжение-скорость деформации», а также появление горизонтальных участков на кривых «напряжение-температура» с отклонением от экспоненциального характера. Для достоверности и обоснованности эти результаты должны быть дополнены исследованиями микроструктурного состояния.

Литература:

1. Пазылов Ш.Т., Оморов Н.А., Рудаев Я.И. Изучение деформационных свойства алюминиевого сплава 1561 в литом состоянии // Вестник КРСУ.-2010.-Т.10.-№4.-С.143-150.
2. Рудаев Я.И. О фазовых переходах в сверхпластичности //Проблемы прочности. -1990.-№10.-С.50-54.

3. Паняев В.А., Пазылов Ш.Т. Особенности деформирования сплава АМг5 и Д18Т при растяжении и сжатии в режимах сверхпластичности // В сб. «Прочность и деформации материалов и конструкций».-Фрунзе: ФПИ.-1989.-с.19-29с.
4. Золотаревский В.С. Структура ипрочность литых алюминиевых сплавов. -М: Metallurgia, 1981.–351 с.
5. Паняев В.А., Пазылов Ш.Т. Особенности деформации алюминиевых сплавов в состоянии рекристаллизационной сверхпластичности //В сб.«Прочность материалов и конструкции энергетического оборудования».-Фрунзе: ФПИ.-1987.-С.86-97.
6. Пазылов Ш.Т., Оморов Н.А., Арзыматов А.К. Деформационная анизотропия и сверхпластичность алюминиевых сплавов//Вестник КРСУ-2010.-Т.10.-№10.-С.144-149.
7. Арзыматов А.К., Оморов Н.А., Пазылов Ш.Т. Формирование структуры алюминиевого сплава 1561 в режимах сверхпластичности/ V Международная школа “Физическое материаловедение” (Тольятти, 26.09-1.10.2011 года, сб. Трудов).-С.157-159.
8. Пазылов Ш.Т., Оморов Н.А., Рудаев Я.И. О деформационной анизотропии алюминиевых сплавов // Вестник Тамбовского Универ.-2010.-т.15.-вып. 3-С.974-975.
9. Бакиров Ж.Т., Оморов Н.А., Пазылов Ш.Т. Структура алюминиевого сплава 1561 в условиях температурно-скоростного деформирования // Известия КГТУ им. И. Раззакова №24.– Материалы Международной конференции “Информационные технологии и математическое моделирование в науке, техники и образовании” посв. 70-летию академика А.Жайнакова.– Бишкек, Кыргызстан 5-9 октября 2011г.-С.467-472.
10. Арзыматов А.К., Оморов Н.А., Пазылов Ш.Т. Структурирование алюминиевого сплава 1561 в режимах сверхпластичности // Динамика сплошной среды.–(Механика неоднородных сред и конструкций).– Новосибирск,2012г.- Вып. 127.– С.12-14.

Рецензент: к.ф.-м.н., доцент Пазылов Ш.Т.