

О ТЕМПЕРАТУРНО-СКОРОСТНОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА 1561 В ЛИТОМ СОСТОЯНИИ

1561 алюминий куймасынын куюлган абалындагы жогорку ийилчеектик шарттарын эксперименталдык жол менен аныктоо маселеси каралган. Куйма, кысылууда жогорку ийилчеектик абалда болуп ал эми чоюлууда бул абалдын кездешиптеги аныкталган. 1561 алюминий куймасынын куюлган абалындагы жогорку ийилчеектик абалына баа берүү үчүн 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 как при скоростях деформирования (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 успевают 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

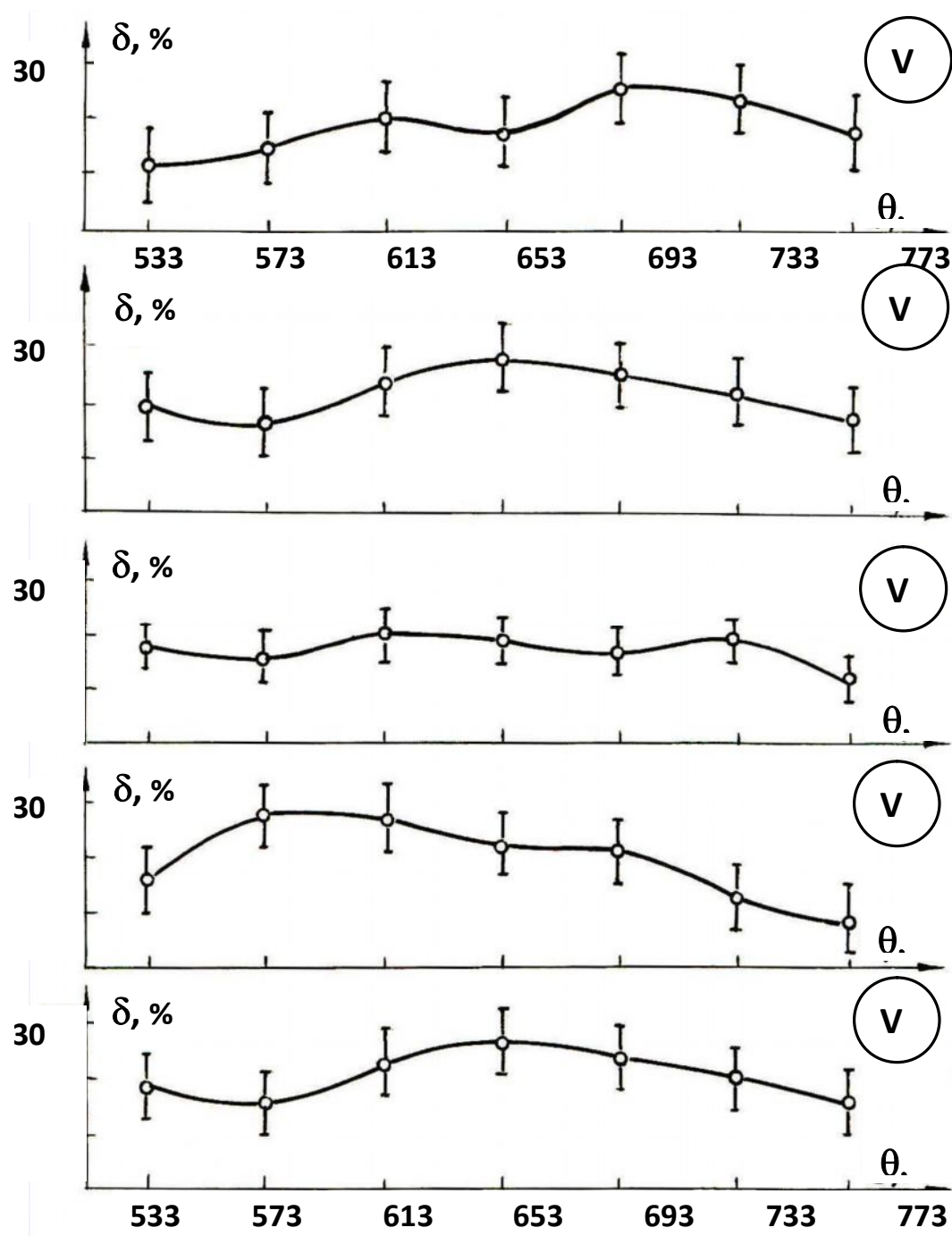


Рис. 1. Усредненные зависимости “ $\delta - \theta$ ” сплава 1561 в литом состоянии при разных скоростях деформирования

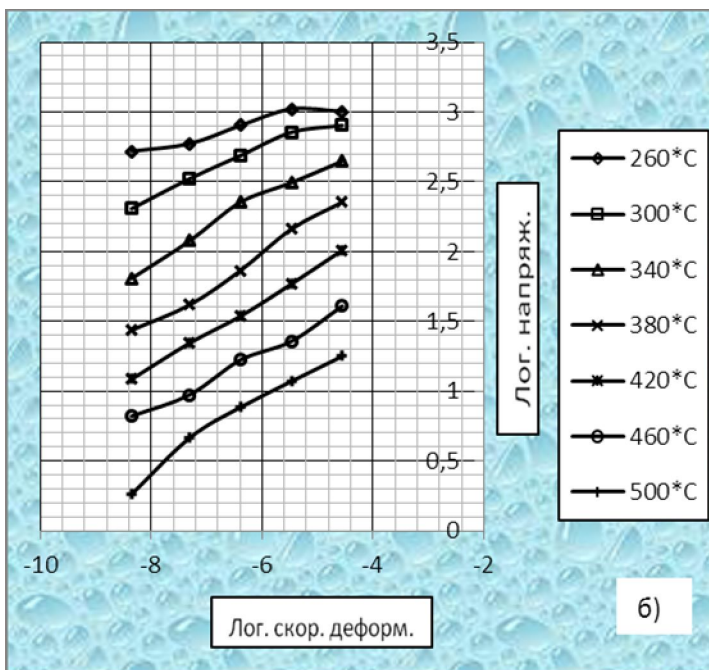
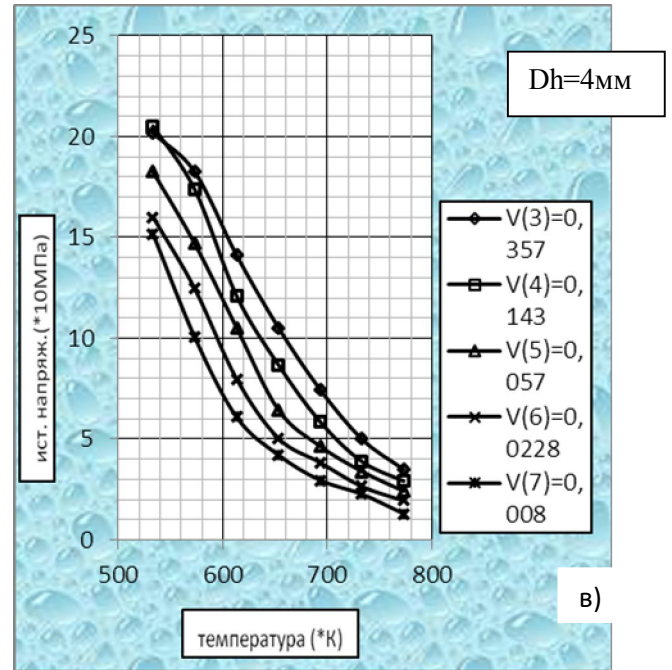
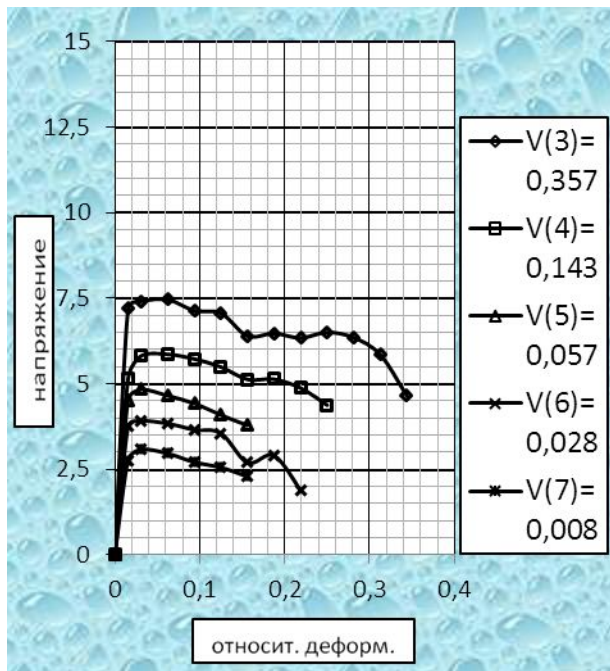


Рис. 2. Зависимости «напряжение - степень деформации» (рис.2а), при $\theta = 679\text{K}$, и скоростях деформирования $V_3 = 0,357\text{mm}\cdot\text{c}^{-1}$, $V_4 = 0,143\text{mm}\cdot\text{c}^{-1}$, $V_5 = 0,057\text{mm}\cdot\text{c}^{-1}$, $V_6 = 0,0228\text{mm}\cdot\text{c}^{-1}$, и $V_7 = 0,008\text{mm}\cdot\text{c}^{-1}$;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

показали, что переход от растяжения к сжатию качественно изменяет деформационные свойства сплава в интервале температур $733...773\text{K}$. На рис.3б представлены графики зависимости (изотермы) напряжения от скорости деформации при различных температурах. Как видно из приведенных графиков при температуре 773K и скоростях деформации $\dot{\epsilon} > 4,47 \cdot 10^{-3}\text{c}^{-1}$ 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 АМг5 и Д18Т [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 к охрупчиванию 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 неординарное поведение литого сплава 1561 при растяжении и сжатии при температурно-скоростном деформировании объясняется тем, что при растягивающих напряжениях дендритная структура разрыхляется. 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 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

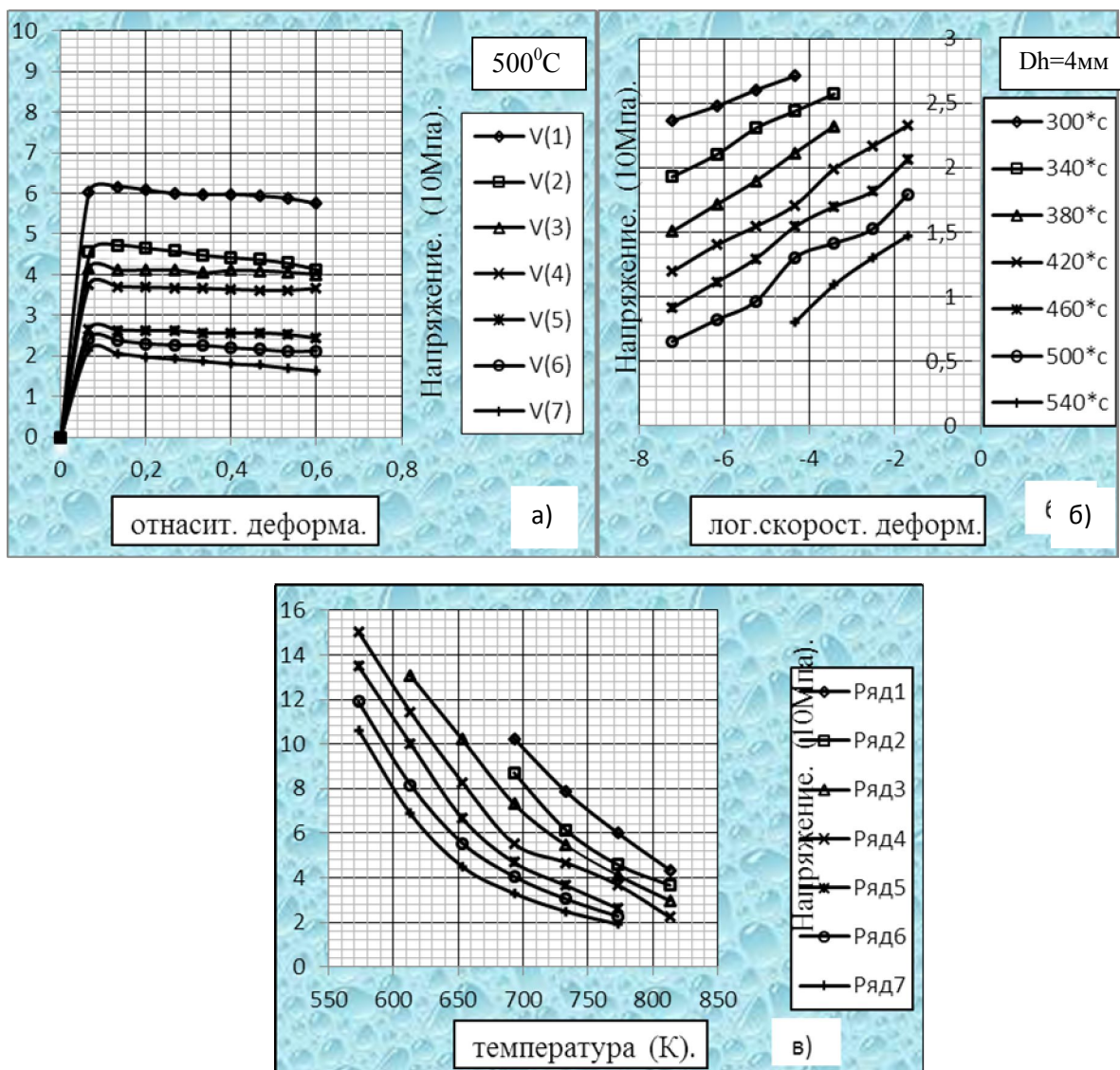


Рис. 3. Зависимости «напряжения - степень деформации» (рис.3а), при $\theta=773\text{K}$, и скоростях деформирования $V_1=2,0\text{мм}\cdot\text{с}^{-1}$ (ряд.1), $V_2=0,87\text{мм}\cdot\text{с}^{-1}$ (ряд.2), $V_3=0,357\text{мм}\cdot\text{с}^{-1}$ (ряд.3), $V_4=0,143\text{мм}\cdot\text{с}^{-1}$ (ряд.4), $V_5=0,057\text{мм}\cdot\text{с}^{-1}$ (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 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 $\sigma\sim\theta$ (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.

Список литературы

1. Пазылов Ш.Т. Изучение деформационных свойства алюминиевого сплава 1561 в литом состоянии [текст] / Ш.Т. Пазылов, Н.А. Оморов, Я.И. Рудаев. - Вестник КРСУ.-2010.-Т.10.-№4.- С.143-150.

2. Рудаев Я.И. О фазовых переходах в сверхпластичности [текст] / Я.И. Рудаев. - Проблемы прочности. -1990.-№10.- С.50-54.
3. Паняев В.А. Особенности деформирования сплава АМг5 и Д18Т при растяжении и сжатии в режимах сверхпластичности[текст]: В сб. «Прочность и деформации материалов и конструкций» / В.А. Паняев, Ш.Т. Пазылов. - Фрунзе: ФПИ, 1989. - С.19-29.
4. Золотаревский В.С. Структура и прочность литых алюминиевых сплавов [текст]. В.С. Золотаревский. – М.: Металлургия, 1981. – 351 с.
5. Паняев В.А. Особенности деформации алюминиевых сплавов в состоянии рекристаллизационной сверхпластичности [текст]: В сб. «Прочность материалов и конструкции энергетического оборудования» / В.А. Паняев, Ш.Т. Пазылов. - Фрунзе: ФПИ, 1987. - С.86-97.
6. Пазылов Ш.Т. Деформационная анизотропия и сверхпластичность алюминиевых сплавов[текст] / Ш.Т. Пазылов, Н.А. Оморов, А.К. Арзыматов . - Вестник КРСУ - 2010.-Т.10, №10. - С.144-149.
7. Арзыматов А.К. Формирование структуры алюминиевого сплава 1561 в режимах сверхпластичности [текст]: V Международная школа “Физическое материаловедение” / А.К. Арзыматов, Н.А. Оморов, Ш.Т. Пазылов. - Тольятти: Сб. Трудов, 2011. - С.157-159.
8. Пазылов Ш.Т. О деформационной анизотропии алюминиевых сплавов [текст] / Ш.Т. Пазылов, Н.А. Оморов, Я.И. Рудаев. - Вестник Тамбовского Университета.- 2010. - Т.15, Вып.3. - С.974-975.
9. Бакиров Ж.Т. Структура алюминиевого сплава 1561 в условиях температурно-скоростного деформирования [текст]: Материалы Международной конференции “Информационные технологии и математическое моделирование в науке, техники и образовании” посв. 70-летию академика А.Жайнакова / Ж.Т. Бакиров, Н.А. Оморов, Ш.Т. Пазылов. – Бишкек: Известия КГТУ им. И. Раззакова, 2011.- №24. - С.467-472.
10. Арзыматов А.К. Структурирование алюминиевого сплава 1561 в режимах сверхпластичности. Динамика сплошной среды [текст]: / А.К. Арзыматов, Н.А. Оморов, Ш.Т. Пазылов. - Новосибирск: Механика неоднородных сред и конструкций. – 2012. - Вып. 127. - С.12-14.