

УДК 669.1

**ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОПОЛЗУЧЕСТИ СПЛАВА АМг6  
ПРИ СЛОЖНОМ НАПРЯЖЕННОМ СОСТОЯНИИ****Гараников Валерий Владимирович**

д-р тех. наук

Тверской государственной технической университет, Тверь  
author@apriori-journal.ru

**Аннотация.** Использование современных методик исследования позволяет обнаружить ползучесть сплавов АМг6 в условиях комнатной и повышенной температур при низких уровнях напряжений, значительно меньших предела текучести исследуемых сплавов. Рассмотрено влияние различных видов сложного напряженного состояния на максимальную деформацию ползучести.

**Ключевые слова:** микроползучесть; сложное напряженное состояние; внутреннее давление; растягивающее усилие; комнатная и повышенная температура.

---

**MICROCREEP RESEARCH OF ALLOY AMg6  
AT THE DIFFICULT TENSION****Garanikov Valery Vladimirovich**

doctor of technical sciences

Tver state technical university, Tver

**Abstract.** Use of modern techniques of research allows to find creep of alloys of AMg6 in the conditions of room and increased temperatures at low levels of tension, considerably smaller a limit of fluidity of studied alloys. Influence of different types of a difficult tension on the maximum deformation of creep is considered.

**Key words:** microcreep; difficult tension; internal pressure; stretching effort; room and increased temperature.

Данная статья посвящена изучению микроползучести конструкционных материалов при сложном напряженном состоянии. Для этого было разработано устройство для создания внутреннего давления и растягивающего усилия в трубчатом образце. Устройство позволяет создать в трубчатом образце внутреннее давление до 300 атм. и приложить растягивающее усилие до 100 кН. На рис. 1. представлен эскиз данного устройства. Оно состоит: 1 – образец, 2 – компенсатор, 3 – резьбовые втулки, 4 – пальцы. Основной частью конструкции является компенсатор с системой подачи давления, который необходим для исключения влияния осевой составляющей нагрузки от давления и для обеспечения герметичности системы. Герметичность обеспечивается маслостойкими уплотнительными кольцами.

Схема работы состоит в следующем. В образец 1 вставляется компенсатор 2 с присоединенной системой подачи масла. На образец накручиваются резьбовые втулки 3, и он при помощи пальцев 4 устанавливается в вилки 5. Вилки крепятся в захватах испытательной машины. Центрирование образца обеспечивается двумя шаровыми опорами 7 и в одной плоскости пальцами 4. При подаче масла в образец заглушка 8 вывернута до момента появления масла на ее резьбе, после чего заглушка наглухо закручивается.

Растягивающее усилие в устройстве создается испытательной машиной FPZ-100/1 и передается через пальцы (4). Внутреннее давление создается насосом высокого давления испытательной машины ЦДМУ-30, которая расположена рядом. Нагружение трубчатого образца осевой растягивающей силой и внутренним давлением осуществляется как в ручном, так и в автоматическом режиме. Достоинством системы является независимость регулирования внутреннего давления и осевого усилия.

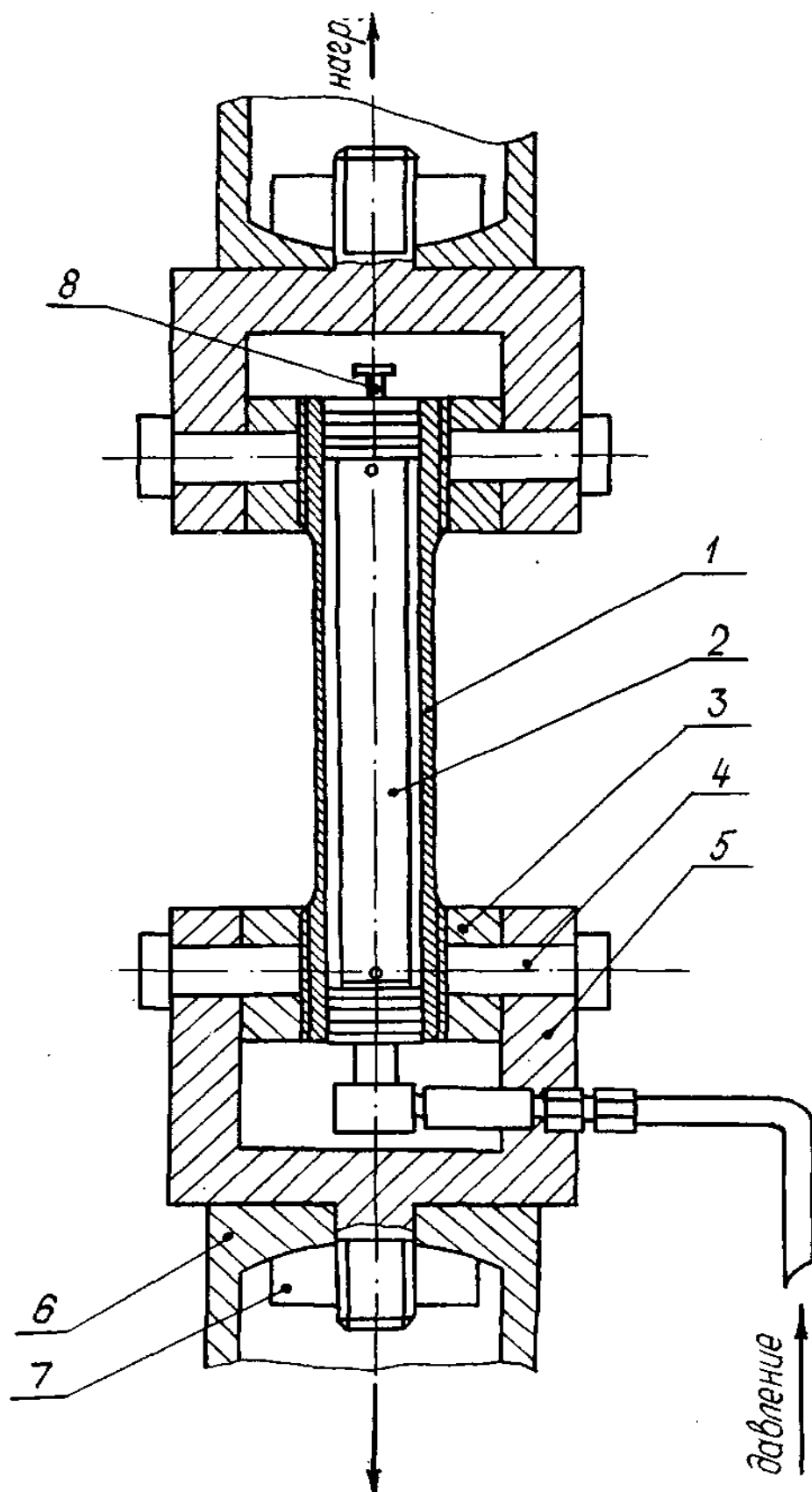
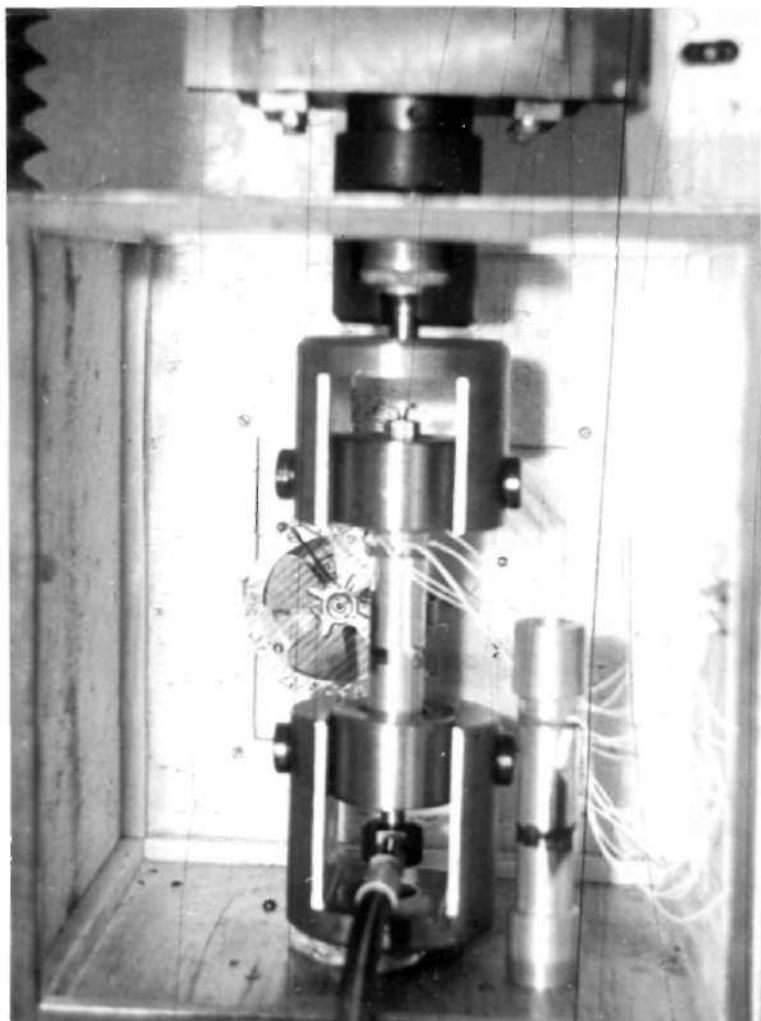


Рис. 1. Схема устройства для испытания при сложном напряженном состоянии

Данное устройство помещается в термостате, который установлен в рабочей зоне машины FPZ-100/1 (рис. 2).



**Рис. 2. Испытания при сложном напряженном состоянии**

Разработана система стабилизации давления в трубчатом образце. Она предназначена для автоматического поддержания давления масла в образце при проведении механических испытаний на растяжение и внутреннее давление. Позволяет создавать и поддерживать давление в образце от 0 до 300 атм. Для создания давления использована гидравлическая система испытательной машины ЦДМУ-30.

Эта система (рис. 3) содержит масляный насос, емкость для масла и стабилизатор давления. Насос работает с постоянной производительностью. Подаваемое им масло через стабилизатор давления, который представляет собой подпружиненный клапан, возвращается в емкость.



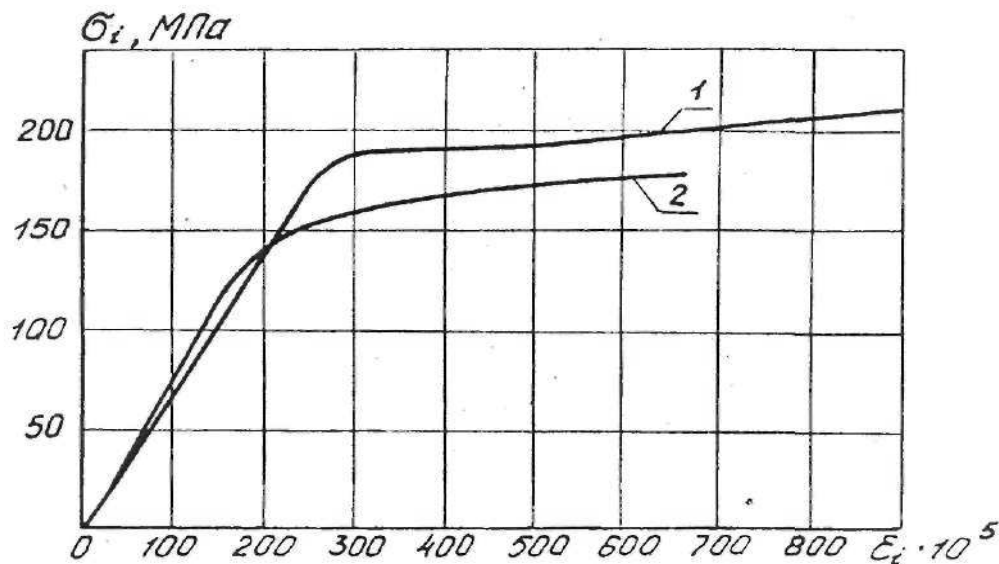
**Рис. 3. Система стабилизации внутреннего давления**

Давление масла в гидравлической системе зависит от силы, с которой давит на клапан пружина в стабилизаторе. Изменять давление можно поджимая или ослабляя пружину поджимным винтом. В машине ЦДМУ-30 давление устанавливают, вращая поджимной винт ручным маховиком. В этой системе установленное давление может со временем «уходить» от заданного значения из-за разогрева масла и некоторых других причин.

Исследование ползучести сплава АМгб проводилось на образцах с толщиной стенки 2,5 мм. Размеры образцов и требования к точности изготовления регламентировались по ГОСТ 3248-81; 26007-83; 1493-73. При подготовке образцов к испытанию в трех сечениях рабочей части контролировалась разностенность, которая не превысила 5 %. Для измерения деформаций использованы тензорезисторы типа 5П1-20-400-А-12 с базой 20 мм. Тензорезисторы наклеивались попарно в двух диаметрально противоположных сторонах в продольном и поперечном направлении.

Диаграммы  $\sigma$ - $\epsilon$  снимались на испытательной машине FPZ-100/1 в устройстве для создания внутреннего давления и растягивающего уси-

лия. Температура испытания составляла +50 °С. Проведены две серии опытов: 1 – испытание на растяжение, 2 – испытание на внутреннее давление. Результаты представлены на рис. 4.



**Рис. 4. Диаграммы деформирования сплава АМг6**

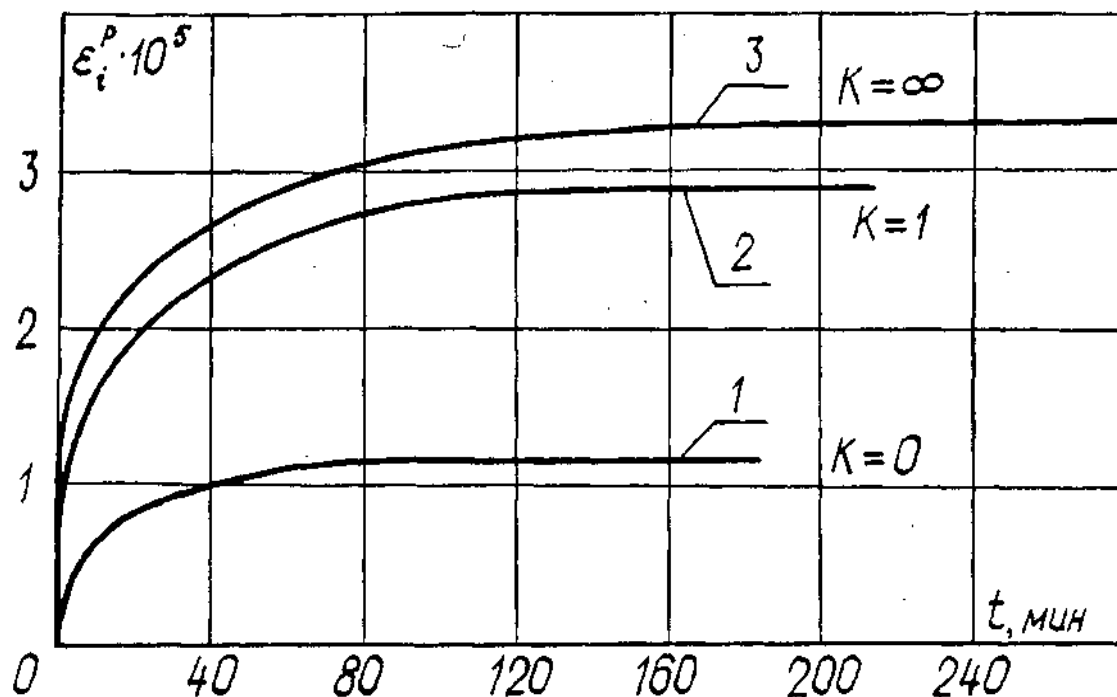
Здесь кривая 1 отвечает испытанию на растяжение, 2 – испытанию на внутреннее давление. Как видно из графиков, данный сплав обладает существенной начальной анизотропией механических свойств. Основные механические характеристики при испытаниях на растяжение и внутреннее давление соответственно получились: модуль упругости ( $E$ ) –  $6,944 \cdot 10^4$  МПа,  $7,495 \cdot 10^4$  МПа; предел текучести ( $\sigma_{02}$ ) – 192 МПа, 168 МПа. Разница по пределу текучести составляет 13 %.

Испытания программировались по напряжениям и проведены при повышенной температуре (+50 °С). Осуществлены следующие программы простого нагружения при различных  $k = \sigma_1 / \sigma_2 = 0; 1; \infty$  ( $\sigma_1, \sigma_2$  – нормальные напряжения в направлении осей  $x, y$ ). Во всех опытах соблюдалось условие  $\sigma_i = 0,7 \cdot \sigma_2 = \text{const}$ , где интенсивность напряжений определялась по формуле:

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2}$$

Предел текучести ( $\sigma_{02}$ ) в виду анизотропии свойств сплава АМг6 принимался средним по испытаниям на растяжение и внутреннее давление.

На рис. 5 представлены усредненные кривые ползучести (по каждой программе испытывались по три образца).



**Рис. 5. Результаты испытаний на микроползучесть**

Величина интенсивности деформаций  $\epsilon_i$  рассчитывалась по следующей формуле:

$$\epsilon_i = \sqrt{\epsilon_x^2 + \epsilon_x \epsilon_y + \epsilon_y^2}$$

Как и следовало ожидать, наибольшая деформация ползучести при  $\sigma_i = 0,7 \cdot \sigma_2$  наблюдается при испытаниях на внутреннее давление (кривая 3) и наименьшая — при испытаниях на одноосное растяжение (кривая 1). Промежуточное положение занимает кривая 2, соответствующая испытанию на совместное действие растягивающей силы и внутреннего давления при условии, что в процессе опыта  $k = \sigma_1 / \sigma_2 = 1$ .