

<https://doi.org/10.26160/2474-5901-2023-38-10-14>

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА МИКРОПОЛЗУЧЕСТЬ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Гараников В.В.*

*Тверской государственной технической университет, Тверь, Россия*

**Ключевые слова:** микроползучесть материала, диапазон изменения температуры, диаграмма растяжения, образец для испытания, деформация ползучести.

**Аннотация.** В работе представлены результаты испытаний на микроползучесть при температуре  $T = (+50^0 \dots -50^0\text{C})$ . Исследования выполнены на расчетно-автоматизированном комплексе FPZ-100/1. Испытания проводились на сплошных цилиндрических образцах с резьбовой головкой на сплавах АМг6, 01570, А1-19, и трубчатых образцах для металлокомпозиата А1-В. Экспериментально получено, что ползучесть сплава А1-19 наиболее зависит от температуры. Менее чувствительны к изменению температуры сплавы АМг6 и 01570. При проведении исследования больше внимания уделялось разработке методики их проведения.

## THE RESEARCH OF THE INELUEENCE TEMPERATURE ON MICRO-CREEP CONSTUCTION ALLOYS

*Garanikov V.V.*

*Tver State Technical University, Tver, Russia*

**Keywords:** micro-creep of the material, temperature range, stress-strain diagram, test specimen, creep deformation.

**Abstract.** The paper presents the results of microcreep tests at temperatures  $T = (+50^0 \dots -50^0\text{C})$ . The studies were carried out using a calculation-automated complex FPZ-100/1. Tests were carried out on solid cylindrical samples with a threaded head on AMg6, 01570, Al-19 alloys, and tubular samples for the Al-B metal composite. It was experimentally found that the creep of the Al-19 alloy is most dependent on temperature. The AMg6 and 01570 alloys are less sensitive to temperature changes. During the research, more attention was paid to the development of a methodology for their implementation.

В приборостроении деформационную (размерную) стабильность оценивают характеристиками пластичности при кратковременном и длительном нагружении образцов. Особенностью этих характеристик является то, что используется очень малая величина остаточной деформации. Часто в качестве основной характеристики деформационной стабильности используется прецизионный предел текучести или сопротивление микротекучести [1]. Эти показатели определяются напряжением, при котором после разгрузки образца возникает остаточная деформация  $(1-2)10^{-6}$ . При изучении микродеформаций очень важное место занимает разработка методики экспериментального исследования. Так, например, необходима виброизоляция и стабилизация температуры в пределах  $\pm 50^0\text{C}$ .

Испытания проводились на машине кинематического типа FPZ-100/1[2]. Методика испытаний подробно описана в работах [2, 3].

Испытания на микроползучесть при повышенной температуре проводились в термостате (рис. 1), который предназначен для поддержания постоянной температуры образца при длительных механических испытаниях. Верхний предел температуры для данного термостата составляет  $+60^{\circ}\text{C}$ . Отклонения от задания температуры  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ . Термостат (рис. 2) состоит из: электронного блока, датчика температуры, электронагревателя и вентилятора.

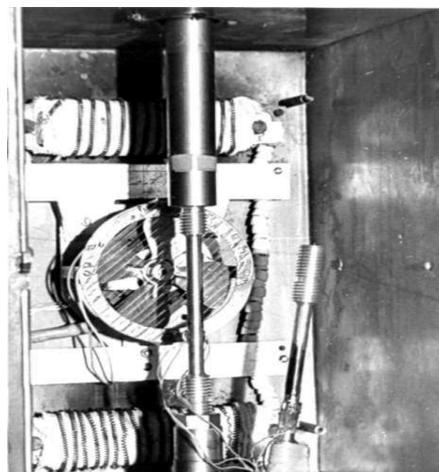


Рис. 1. Термостат

На стенке камеры установлен вентилятор, перед которым укреплен электронагреватель. Таким образом, воздушная струя проходит через нагреватель. Датчик температуры (транзистор) устанавливается вблизи образца. Термостат поддерживает стабильную температуру воздуха во всем объеме камеры. Регулирование температуры осуществляется путем автоматического включения-отключения электронагревателя. Малая инерционность системы обеспечена: интенсивным перемешиванием воздуха вентилятором; применением малоинерционного электронагревателя и датчика температуры; рациональным взаимным расположением вентилятора, нагревателя и датчика температуры. Точность поддержания температуры обеспечивается малой мощностью электронагревателя и чувствительной схемой измерения температуры.

Испытания на микроползучесть при пониженной температуре ( $T = -50^{\circ}\text{C}$ ) проводились в устройстве для глубокого охлаждения (рис. 2), входящего в состав оборудования машины.



Рис. 2. Испытания при пониженной температуре

Рабочие температуры устройства, при использовании в качестве теплопроводящей жидкости этилового спирта, составляют  $+20...-80^{\circ}\text{C}$ . Время

охлаждения до  $-60^{\circ}\text{C}$  – 1 час. Колебания температуры в процессе регулирования  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ . Понижение температуры при испытаниях в данном устройстве осуществляется испарением жидкого азота. Охлаждение передается к образцу от испарителя через теплоотводящую жидкость, в которую погружены образец и испаритель. Теплоотводящей жидкостью при заданной температуре служит этиловый спирт. Регулирование температуры производится автоматически путем подачи или прекращения подачи жидкого азота.

Устройство глубокого охлаждения состоит из:

– охладительной ванны, которая устанавливается на подвижной траверсе испытательной машины (рис. 3);

– сосуда Дьюара с электромагнитным клапаном и перепускным шлангом, которые служат для хранения жидкого азота и регулирования его подачи в охладительную ванну.

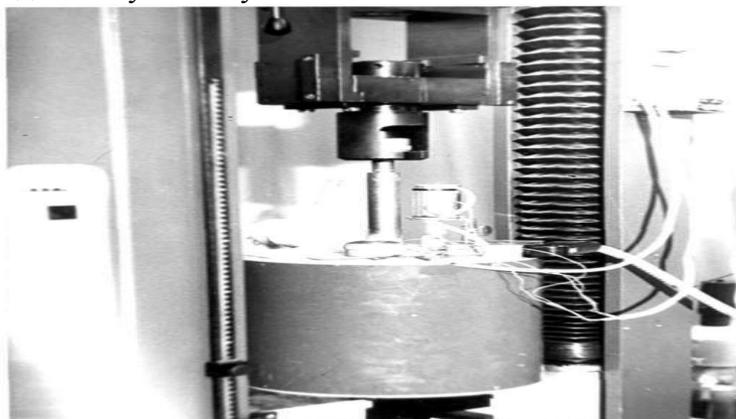


Рис. 3. Охладительная ванна

Устройство работает следующим образом. Образец с резьбовыми головками закрепляется в охладительной ванне. В этой ванне находится испаритель азота и платиновое термосопротивление для измерения температуры. Ванна заполняется спиртом. Сосуд Дьюара соединен с охладительной ванной перепускным шлангом. Находящийся в сосуде электронагреватель создает напор, необходимый для подачи азота в испаритель. Электромагнитный клапан открывает или прекращает подачу жидкого азота. Запланированная в эксперименте температура устанавливается потенциометром задания регулирующего прибора. Азот подается в испаритель непрерывно, пока не будет достигнута заданная температура. После чего начинается автоматическое регулирование температуры путем открывания-закрывания электромагнитного клапана. Датчиком температуры служит находящееся в ванне платиновое термосопротивление. Для равномерного охлаждения образца теплоотводящая жидкость приводится в движение постоянно работающей мешалкой. Для измерения деформации использованы тензорезисторы типа 5П1-20-400-А-12, которые наклеивались в среднем сечении образца.

**Диаграммы растяжения сплавов АМг6, 01570, А1-19 и металлокомпозита А1-В.** Результаты испытаний представлены на рисунке 4. Штриховой линией на рисунках показаны диаграммы при комнатной температуре, штрихпунктирной – при повышенной, сплошной – при пониженной. Механические характеристики для исследуемых материалов при пониженной температуре несколько выше, чем при комнатной и повышенной температуре. Их численные значения для сплавов АМг6, 01570, А1-19 соответственно равны: модуль упругости  $E = 73,5; 73,4; 72,0$  ( $10^3$  МПа); предел упругости  $\sigma^{0,005} = 178, 235, 124$  (МПа); предел текучести  $\sigma_{02} = 195, 278, 167$  (МПа).

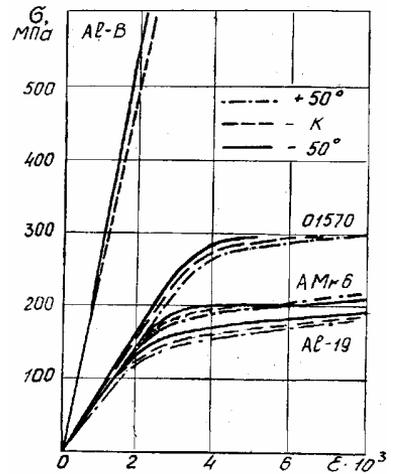


Рис. 4. Диаграммы деформирования при различных температурах

Диаграммы растяжения сплавов АМг6, 01570 при низкой температуре почти совпадают с соответствующими при комнатной температуре. Для данного образца модуль упругости получился равным  $286,7 \cdot 10^3$  МПа, что на 4,8% больше аналогичной характеристики для образцов, испытанных в условиях комнатной температуры. При напряжениях больших 180 МПа наблюдается тенденция к отклонению от начальной прямой диаграммы деформирования.

### Результаты испытания на микроползучесть

Обобщающие зависимости максимальной деформации ползучести от температуры представлены на рисунке 5.

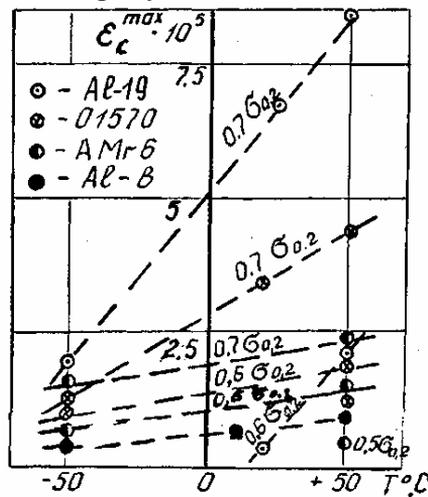


Рис. 5. Зависимость максимальной деформации микроползучести от температуры

На данном рисунке условными символами показаны экспериментальные результаты максимальной деформации ползучести от температуры для

сплавов АМг6, 01570, А1-19, А1-В. Из данного рисунка видно, что ползучесть сплава А1-19 очень сильно зависит от температуры. Так, например, для  $\sigma = 0,7\sigma_{02}$  деформации ползучести при изменении температуры в диапазоне от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$  увеличилась в четыре раза. Менее чувствительны к изменению температуры сплавы АМг6 и 01570. При изменении температуры в данном диапазоне деформации ползучести увеличиваются в два раза.

При уровне напряжений  $\sigma = 0,6\sigma_{02}$ , величины деформаций ползучести для этих сплавов отличаются незначительно. Для минимального уровня нагрузки ( $P = 20 \text{ кН}$ ), при котором обнаруживается ползучесть металлокомпозита А1-В, зависимость представлена на том же рисунке. Величины максимальных деформаций ползучести при температурах  $-50^{\circ}\text{C} \dots +50^{\circ}\text{C}$  отличаются в два раза.

### Список литературы

1. Хенкин М.Л., Локшин И.Х. Размерная стабильность металлов и сплавов в точном машиностроении и приборостроении. – М.: Машиностроение, 1974. – 255 с.
2. Зубчанинов В.Г, Гараников В.В., Охлопков Н.Л. Экспериментальная пластичность: Монография. Книга 1.: Процессы сложного деформирования. – Тверь: ТГТУ, 2003. – 172 с.
3. Зубчанинов В.Г, Гараников В.В., Охлопков Н.Л. Экспериментальная пластичность: Монография. Книга 2: Процессы сложного нагружения. – Тверь: ТГТУ, 2004. – 184 с.

### References

1. Khenkin M.L., Lokshin I.Kh. Dimensional stability of metals and alloys in precision engineering and instrument making. – M.: Mashinostroenie, 1974. – 255 p.
2. Zubchaninov V.G., Garanikov V.V., Okhlopkov N.L. Experimental plasticity: Monograph. Book 1: Processes of complex deformation. – Tver: TSTU, 2003. – 172 p.
3. Zubchaninov V.G., Garanikov V.V., Okhlopkov N.L. Experimental plasticity: Monograph. Book 2: Processes of complex loading. – Tver: TSTU, 2004. – 184 p.

<p><b>Гараников Валерий Владимирович</b> – доктор технических наук, заведующий кафедрой «Техническая механика» mexanika06@mail.ru</p>	<p><b>Garanikov Valeriy Vladimirovich</b> – doctor of technical sciences, head of the Department «Technical mechanics»</p>
---	--

*Received 26.10.2023*