

<https://doi.org/10.26160/2474-5901-2023-36-26-30>

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ФАКТОРОВ НА ПОЛЗУЧЕСТЬ КОНСТРУКЦИОННЫХ СПЛАВОВ

Гараников В.В.

Тверской государственный технический университет, Тверь

Ключевые слова: экспериментальные исследования, скорость нагружения, ползучесть, полная и частичная разгрузка, явление задержки ползучести, термообработка.

Аннотация. Выполнены экспериментальные исследования влияния скорости нагружения, термообработки и разгрузки (полной и частичной) на величину микроползучести. Как показали ранее проведенные экспериментальные исследования влияния скорости нагружения, термообработки и разгрузки (полной и частичной) и ряд других факторов показали, что наиболее существенным фактором, влияющим на величину ползучести является разгрузка. Поэтому подробно остановимся на этом факторе. В частности установлено, что частичная разгрузка (30% от достигнутого уровня напряжений) приводит к существенному снижению максимальной деформации ползучести в сравнении с полной разгрузкой (до 30% при испытаниях сплавов 01570 и АМг6). При проведении испытаний с предварительной разгрузкой в начальной стадии обнаружено явление временной задержки процесса ползучести (порядка 30-90 сек.). Причем в опытах с частичной разгрузкой интервал задержки ползучести больше, чем в опытах с полной.

THE RESEARCH OF THE INFLUENCE DIFFERENT FACTORS ON MICRO-CREEP CONSTRUCTION ALLOYS

Garanikov V.V.

Tver State Technical University, Tver

Keywords: experimental research, loading rate, micro-creep, full and partial unloading, the phenomenon of creep delay, heat treatment.

Abstract. Experimental studies of the effect of loading rate, heat treatment, and unloading (full and partial) on the amount of micro-creep are performed. They showed that unloading is the most significant factor affecting the amount of microcreep. In particular, it was found that partial unloading (30% of the achieved stress level) leads to a significant reduction in the maximum microcreep strain in comparison with full unloading (up to 30% when testing alloys 01570 and АМg6). When conducting tests with preliminary unloading in the initial stage, the phenomenon of a time delay of the creep process (about 30-90 seconds) was detected. Moreover, in experiments with partial unloading, the delay interval is longer than in experiments with full.

В точном машиностроении деформационную стабильность оценивают характеристиками пластичности при кратковременном и длительном нагружении образцов. Особенностью этих характеристик является то, что используется очень малая величина остаточной деформации. 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 $(1-2)10^{-6}$. Для некоторых металлов, распространенных в приборостроении деформации ползучести

обнаруживаются при комнатной температуре и напряжениях, составляющих 50...80% от $\sigma_{0,0001}$. Испытания проводились на сплошных цилиндрических образцах с резьбовой головкой из слава АМг6, 01570 при температуре +50°С. Опыты проводились на машине кинематического типа FPZ-100/1 в термостате (рис. 1), который предназначен для поддержания постоянной температуры образца при длительных механических испытаниях. Верхний предел для данного термостата +60°С. Отклонения от задания $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$. Методика испытаний подробно описана [2]. Отметим лишь особенности в части модернизации термостата и регулятора стабилизации нагрузки. В комплект термостата входят: камера, вентилятор, электронагревательный элемент, электронный термометр, тиристорный усилитель мощности с регулятором. В отличие от термостата, применяемого ранее при повышенных испытаниях, камера выполнена не из металла, а из дерева (рис. 1).

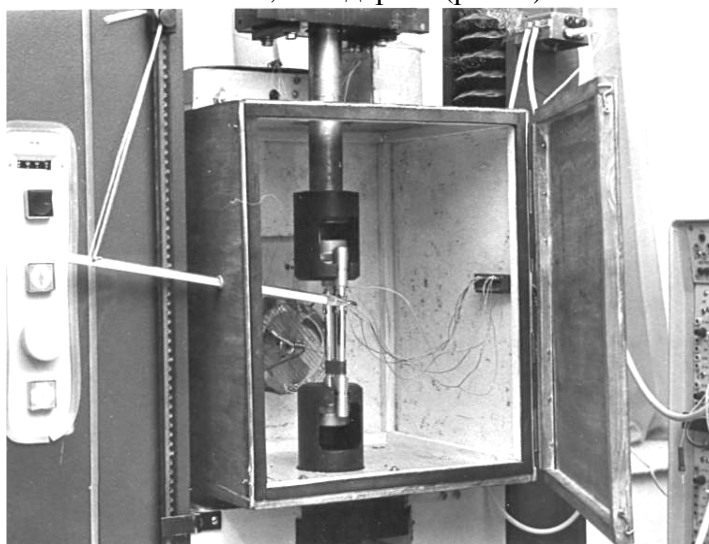


Рис. 1. Термостат

Это позволило снизить теплоотдачу и, следовательно, уменьшить тепловую инерционность, т.е. ускорить выход на заданную температуру. Кроме того, такая термокамера более технологична и удобна в работе. Вынос двигателя за пределы камеры устранил его перегрев от электронагревательного элемента и таким образом исключил дополнительный нерегулируемый источник тепла в камере. Регулирование температуры осуществляется не путем автоматического включения-выключения электронагревателя, как ранее, а путем плавного изменения через него силы тока. Это позволило увеличить точность поддержания заданной температуры. Работа термостата заключается в следующем. Вентилятор, закрепленный в камере термостата, создает воздушную струю, направленную на образец. Электронагреватель питается от тиристорного усилителя мощности. Регулятор устанавливает ток через нагреватель таким образом, чтобы измеренная температура в камере равнялась заданной. Для измерения

деформаций ползучести использованы тензорезисторы типа 5П1-20-400-А-12, которые наклеивались в среднем сечении образца. Данный тип тензорезисторов, согласно техническому паспорту, предназначен для измерения деформаций в интервале температур $-100^{\circ}\text{C} \dots +200^{\circ}\text{C}$. Сигналы, соответствующие напряжению и деформации, регистрировались на цифropечатающем устройстве Ф5033К.

Для исследования влияния разгрузки материала на величину максимальной деформации ползучести были реализованы две программы испытаний с частичной и полной разгрузкой. По первой программе образец нагружался до нагрузки $\sigma = 0,7\sigma_{02}$, затем производилась разгрузка до уровня $\sigma = 0,5\sigma_{02}$, и потом снова нагружение до $\sigma = 0,7\sigma_{02}$, при котором происходило испытание на микротекучесть. Вторая программа предусматривала полную разгрузку ($\sigma = 0$) и испытание при той же нагрузке, равной $\sigma = 0,7\sigma_{02}$. Образцы из сплава 01570 были взяты из партии термообработанных до 320°C . Всего было испытано пять образцов: три по первой и два по второй программе. Результаты испытания сплава 01570 представлены в виде усредненных кривых ползучести на рисунке 2, где кривые 1, 2, 3 отвечают испытаниям без разгрузки, с полной и частичной разгрузкой.

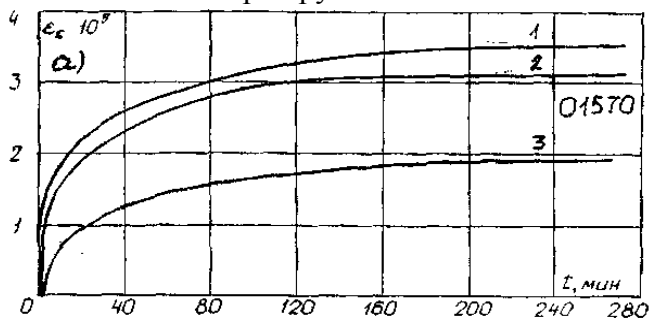


Рис. 2. Кривые ползучести сплава 01570

С целью повышения надежности измерения деформаций ползучести сплава АМгб, уровень нагрузки при которой производились испытания на микротекучесть, был повышен до $\sigma = 0,8\sigma_{02}$. Это обстоятельство объясняется двумя причинами: во-первых, величины максимальной деформации ползучести при более низких уровнях напряжения для сплава АМгб находятся вблизи минимальной границы диапазона измерения деформаций; во-вторых, в силу определенных причин, использовались для измерения деформаций тензорезисторы с меньшей базой (15 мм), что несколько уменьшало их чувствительность. Результаты испытания сплава АМгб представлены на рисунке 3.

Кривые 1, 2, 3 отвечают испытаниям на ползучесть соответственно без разгрузки; с полной и частичной разгрузкой. Анализ результатов испытаний по двум сплавам показывает, что разгрузка уменьшает ползучесть данных сплавов. Причем более значительное влияние оказывает частичная разгрузка, при которой наблюдается наименьший уровень деформаций ползучести.

Данное различие в сопоставлении с результатами испытаний образцов без разгрузки по величине максимальной деформации ползучести составило: для сплава 01570 – 26%, для АМг6 – 31%.

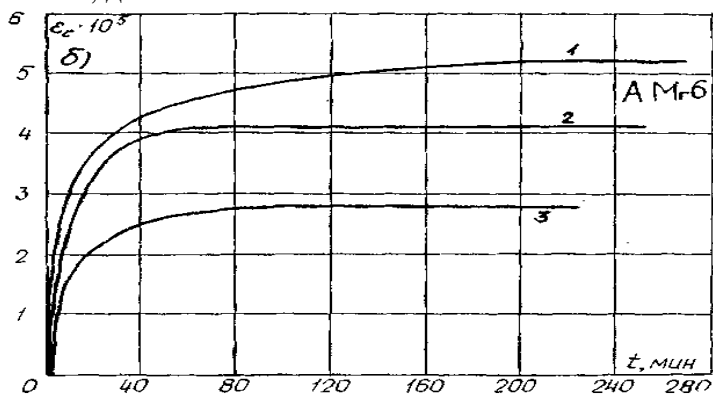


Рис. 3. Кривые ползучести сплава АМг6

Важное явление в поведении материала обнаружено при проведении испытаний с разгрузкой. После проведения полной или частичной разгрузки в начальный момент испытания на ползучесть наблюдается задержка ползучести. В первые 30-90 секунд с начала испытаний ползучесть не обнаруживается. Причем при частичной разгрузке время задержки ползучести больше, чем при полной. Начальные участки кривых ползучести представлены на рисунке 4.

Таким образом, серия опытов показала, что влияние разгрузки материала на его ползучесть существенно.

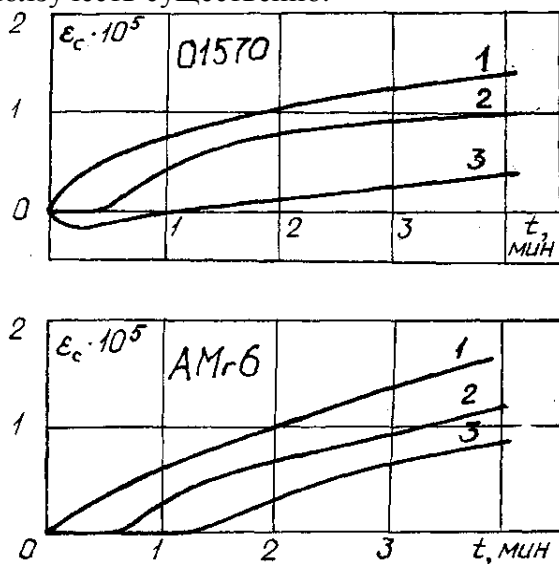


Рис. 4. Начальные участки кривых ползучести

Таким образом, проведенные испытания показали, что из всех рассмотренных факторов, наиболее существенным фактором, влияющим на размерную стабильность, является разгрузка, причем частичная. Полученный

результат может иметь важное значение для практики. Размерную стабильность конструкции можно повысить путем предварительной разгрузки (тренировки) ее отдельных элементов или всей конструкции в целом.

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. Гараников В.В., Зубчанинов В.Г., Охлопков Н.Л. Экспериментальная пластичность: Монография. Книга 1: Процессы сложного деформирования. – Тверь: ТГТУ, 2003. – 172 с.
3. Гараников В.В., Зубчанинов В.Г., Охлопков Н.Л. Экспериментальная пластичность: Монография. Книга 2: Процессы сложного нагружения. – Тверь: ТГТУ, 2004. – 184 с.
4. Зубчанинов В.Г., Гараников В.В., Саади Дж.М. Исследование кратковременной ползучести сплава 01570 при повышенных температурах // Актуальные проблемы теории пластичности и устойчивости. – Тверь: ТПИ, 1991. – С. 28-33.

References

1. Khenkin M.L., Lokshin I.Kh. Dimensional stability of metals and alloys in precision engineering and instrument making. – M.: Mechanical Engineering, 1974. – 255 p.
2. Garanikov V.V., Zubchaninov V.G., Okhlopkov N.L. Experimental Plasticity: Monograph. Book 1: Complex deformation processes. – Tver: TSTU, 2003. – 172 p.
3. Garanikov V.V., Zubchaninov V.G., Okhlopkov N.L. Experimental Plasticity: Monograph. Book 2: Complex loading processes. – Tver: TGTU, 2004. – 184 p.
4. Zubchaninov V.G., Garanikov V.V., Saadi J.M. Investigation of short-term creep of alloy 01570 at elevated temperatures // Actual problems of the theory of plasticity and stability. – Tver: TPI, 1991. – P. 28-33.

Гараников Валерий Владимирович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой	Garanikov Valerii Vladimirovich – doctor of technical sciences, professor, head of department
mexanika06@mail.ru	

Received 26.06.2023