

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА МИКРОПОЛЗУЧЕСТЬ КОНСТРУКЦИОННЫХ СПЛАВОВ

Гараников В.В.

Тверской государственной технической университет, г. Тверь

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

Аннотация. Выполнены экспериментальные исследования влияния скорости нагружения, термообработки и разгрузки (полной и частичной) на величину микроползучести. Они показали, что наиболее существенным фактором, влияющим на величину микроползучести является разгрузка. В частности установлен, что частичная разгрузка (30% от достигнутого уровня напряжений) приводит к существенному снижению максимальной деформации микроползучести в сравнении с полной разгрузкой (до 30% при испытаниях сплавов 01570 и АМгб). 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 АМгб). 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 сплава АМгб, 01570 при температуре +50°C. Опыты

проводились на машине кинематического типа FPZ-100/1 в термостате. Методика испытаний подробно описана [2, 3]. Для измерения деформаций ползучести использованы тензорезисторы типа 5П1-20-400-А-12, которые наклеивались в среднем сечении образца. Испытания по исследованию влияния скорости нагружения проводились с тремя скоростями перемещения траверсы испытательной машины – 0.04; 0.28; 0.8 мм/мин. Данные скорости регламентированы следующим: 0.04 мм/мин. – минимально возможная регулируемая скорость перемещения траверсы; 0.8 мм/мин. – максимально возможная скорость, при которой в момент останова нагружения не происходит превышения задания. Скорости деформирования образцов (ε , 1/сек.) определялись после обработки результатов испытаний. Серии испытаний по исследованию влияния скорости проводились при нагрузке $\sigma=0.7\sigma_{02}$. При данной нагрузке, как показали ранее проведенные эксперименты, можно достоверно фиксировать деформации микроползучести. В каждой серии было испытано по три образца. Получено, что при больших скоростях нагружения в начальной стадии процесса характерна большая скорость деформации ползучести. При малых скоростях процесс ползучести в начальной стадии протекает менее интенсивно. Кроме того, необходимо отметить, что при всех реализованных скоростях нагружения ползучесть для данного уровня нагрузки является ограниченной. Обратимся теперь к количественным результатам испытаний. Существенных различий в величинах максимальных деформаций ползучести при изменении скорости нагружения не получено. Так, при увеличении скорости нагружения образцов из сплава 01570 почти в 30 раз максимальная деформация ползучести увеличилась в 1.8 раза.

Обобщенная зависимость представлена на рисунке 1. Наибольшее различие в величинах деформаций ползучести наблюдается в интервале малых скоростей нагружения (до $\varepsilon=1\cdot 10^{-5}$ 1/сек.). При больших скоростях расхождение в величинах максимальных деформаций ползучести становятся незначительным. Поэтому для получения более достоверных результатов и уменьшения разброса экспериментальных данных необходимо при нагрузке $\sigma=0.7\sigma_{02}$ нагружение образцов сплава 01570 производилась со скоростями порядка $\varepsilon=(16\dots 24)\cdot 10^{-5}$ 1/сек.

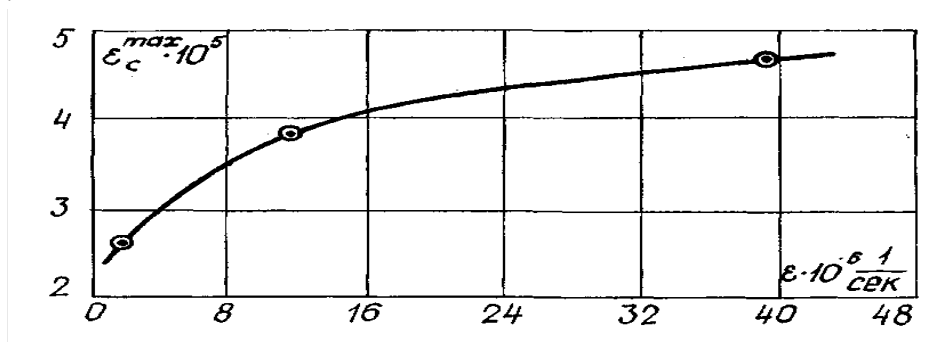


Рис. 1. Зависимость максимальной деформации микроползучести от скорости нагружения

Исследование влияния термообработки проводилась на сплаве 01570. Испытанию были подвергнуты семь партий образцов из сплава 01570 с

различной термообработкой: в состоянии поставки; $+320^{\circ}$; $+350^{\circ}$; $+370^{\circ}$; $+400^{\circ}$; $+420^{\circ}$; $+450^{\circ}$ С. В каждой партии было испытано по пять образцов. Обработка результатов испытаний показала, что термообработка практически не повлияла на механические характеристики данного материала. Максимальное расхождение по пределу текучести составляет не более 6%. Это различие является обычным разбросом экспериментальных результатов. Испытания на ползучесть проводились при нагрузке $\sigma=0.7\sigma_{02}$ (195 МПа). В этом случае достоверно фиксируется деформация ползучести и, кроме того, возможно использовать результаты экспериментов, описанных ранее. Нагружение всех образцов проводилось с одинаковой скоростью перемещения траверсы. Влияние термообработки на величину максимальной деформации ползучести не обнаруживается. Расхождения средних значений этих величин находится в пределах погрешности измерения деформации ползучести тензорезисторами. Кривые ползучести для всех образцов имеют идентичный характер и не дают каких-либо новых данных по влиянию термообработки, поэтому в данной работе не приводятся.

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 $\sigma=0.7\sigma_{02}$. 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.

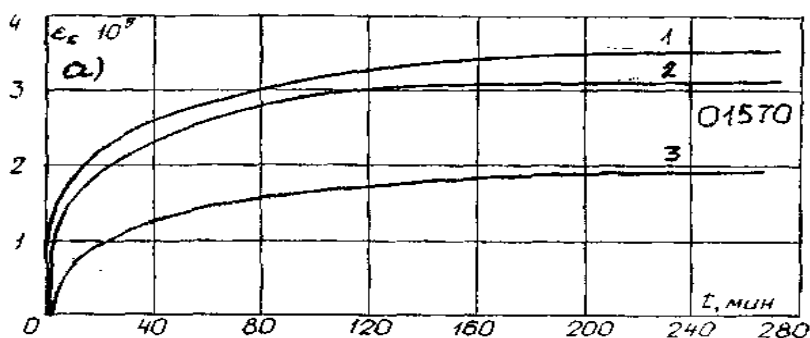


Рис. 2. Кривые микротекучести

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

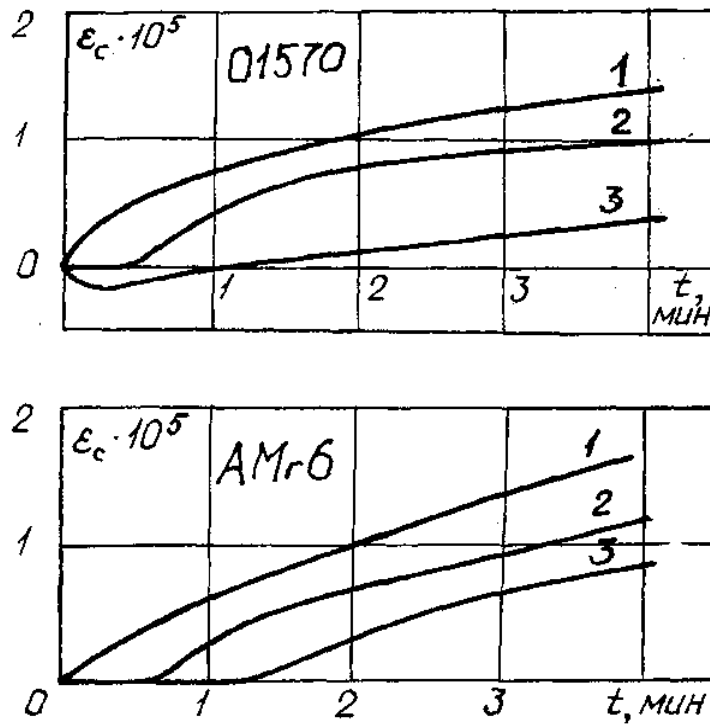


Рис. 3. Начальные участки кривых микроползучести

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 предварительного 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.

Сведения об авторе:

Гараников Валерий Владимирович – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Техническая механика», ТГТУ, Тверь.