

<https://doi.org/10.26160/2572-4347-2022-16-55-58>

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЗУЧЕСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ ИЗМЕНЕНИИ НАПРЯЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИИ

Гараников В.В.

Тверской государственной технической университет, Тверь, Россия

Ключевые слова: эксперимент, ползучесть, сложное, циклическое, эксперимент, образец, программа, траектория, комплекс СЧ-ЭВМ.

Аннотация. Целью данной работы являлось исследование ползучести стали 9Х2 при циклическом изменении напряжений и деформаций. При эксплуатации реальных тонкостенных конструкций, таких как трубы и сосуды высокого давления, в процессе циклического нагружения может наблюдаться явление накопления односторонних деформаций. Эффект получил название "циклической ползучести" или "ратчеттинга" и отмечается в экспериментах с контролем по напряжениям при нагружении циклически анизотропных материалов либо при ассиметричном нагружении изотропных материалов.

INVESTIGATION OF CREEP OF CONSTRUCTIONAL MATERIALS UNDER COMPLEX STRESS STATE AND LOADING

Garaniikov V.V.

Tver State Technical University, Tver, Russia

Keywords: experiment, creep, difficult cyclic, extensometer, sample, program, trajectory, complex.

Abstract. The aim of this work was to study the creep of steel 9H2 under a cyclic variation of stresses and deformations. When operating the actual thin-walled structures, such as tubes and high pressure vessels, during cyclic loading can be observed phenomenon of accumulation of unilateral deformities. The effect is called "cyclic creep" or "ratcheting" and noted in experiments with voltage monitoring or loading cycles anisotropic materials or with unsymmetrical loading isotropic materials.

Сложность форм современных конструкций, повышение интенсивности воздействий приводит к неоднородности напряженно-деформируемого состояния, возникновению областей пластичности. Построение определяющих соотношений для произвольных процессов, воздействующих на упруговязкопластическое тело, является важной задачей механики деформируемого твердого тела. В данной работе приведены результаты экспериментальных исследований, проведенных на автоматизированном расчетно-экспериментально комплексе СЧ-ЭВМ [1]. Комплекс состоит из нагружающей установки, реализующей трехпараметрическое воздействие на образец (осевая сила, кручение и внутреннее давление), датчиков усилий и деформаций, управляющей ЭВМ типа IBM PC и устройства связи с объектом (УСО). Более подробное описание комплекса и методики проведения экспериментальных исследований представлено в монографии [2]. Эксперименты выполнены на тонкостенных круговых цилиндрических оболочках стали 9Х2.

Программа испытаний в пространстве напряжений состояла в следующем (рис. 1). После предварительного растяжения ($S_1=300$ МПа), полной разгрузки и последующего нагружения до уровня $S_1=318$ МПа осуществлялась полная выборка ползучести.

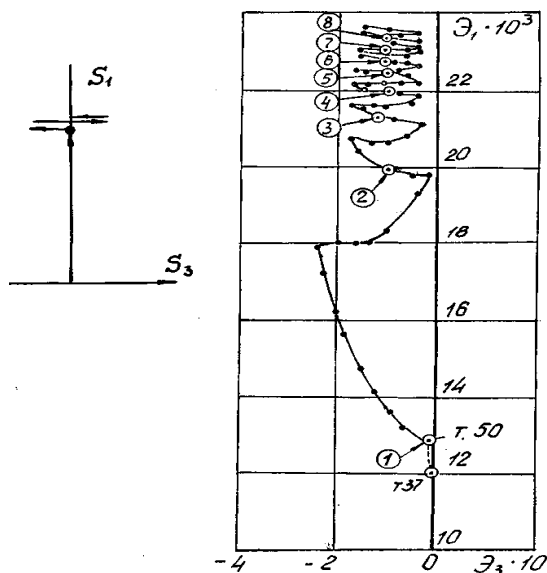


Рис. 1. Программа испытаний и траектория деформаций

После выборки ползучести при условии поддержания $S_1=\text{const}$ осуществлялось сложное нагружение циклически (с постоянной скоростью) изменяющимся напряжением $-150 < S_3 < 150$ (МПа) (рис. 1). Отклик на данную программу нагружения представлен в виде траектории деформаций, изображенной на рисунке 1. Точки, обозначенные цифрами в кружках, соответствуют началу циклов сложного нагружения. Как видно из рисунке 1, циклическое закручивание оболочки при $S_1=\text{const}$ приводит к существенному увеличению компоненты \mathcal{E}_1 вектора деформаций \mathcal{E} , причем наибольший рост характерен для первого цикла сложного нагружения и составляет более 50% от значения \mathcal{E}_1 в точке начала реализации сложного процесса. После пятого цикла степень прироста модуля вектора деформаций практически стабилизируется. Всего было выполнено 10 полных циклов нагружения по S_3 . Диаграмма деформирования представлена на рисунке 2. Треугольники отвечают предварительной полной разгрузке, кружки с внешними крестиками соответствуют повторному простому нагружению до $S_1=318$ МПа.

Программа испытаний в пространстве деформаций и траектория нагружения представлена на рисунке 3. Предварительное нагружение осуществлено растяжением до уровня деформации $\mathcal{E}=\mathcal{E}_1=0,9\%$. После разгрузки ($\sigma=0$) и повторного нагружения до $\mathcal{E}=\mathcal{E}_1=0,1\%$, было реализовано циклическое деформирование кручением $-0,1\% < \mathcal{E}_3 < +0,1\%$. Стрелка на данном рисунке указывает начальную точку реализации сложного процесса. Сложное деформирование приводит к уменьшению модуля вектора

напряжений за счет изменения компоненты S_1 . При этом наибольшее падение значения S_1 наблюдается на первом цикле деформирования и составляет 23% от достигнутого уровня S_1 в точке начала реализации сложного процесса. К 10-му циклу траектория нагружения практически стабилизируется. С целью проверки данного результата в ходе эксперимента была изменена амплитуда компоненты \mathcal{E}_3 до значения $|\mathcal{E}_3|=0,2\%$. Подобные результаты экспериментов были получены и для других материалов [3].

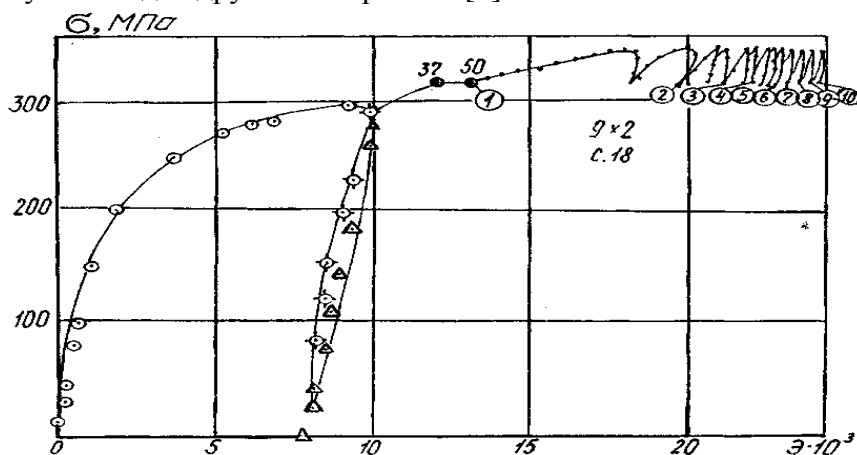


Рис. 2. Диаграмма деформирования

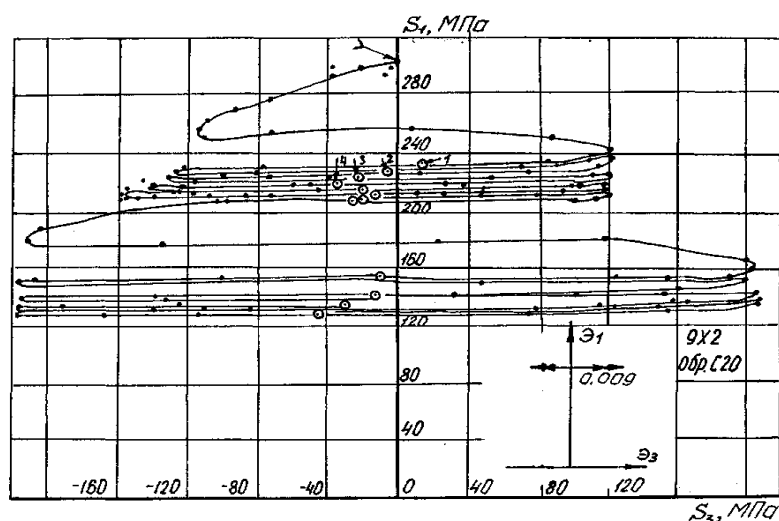


Рис. 3. Программа деформирования и траектория нагружения

По результатам проведенных испытаний, можно сделать следующий вывод: циклическое закручивание с малой амплитудой (при $S_1 = \text{const}$) приводит к существенному увеличению компоненты \mathcal{E}_1 и уменьшению S_1 (при $\mathcal{E}_1 = \text{const}$). Скорость изменения \mathcal{E}_1 (S_1) имеет наибольшее значение на первом цикле и стабилизируется к пятому циклу нагружения (деформирования).

Список литературы

1. Зубчанинов В.Г. Автоматизированный комплекс для исследования упруговязкопластичных свойств материалов при сложном нагружении. Решение о выдаче свидетельства на полезную модель // В.Г. Зубчанинов, А.В. Акимов, Н.Л. Охлопков. – М.: ВНИИГПЭ, 1997. – №97108023/20(008702).
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. Экспериментальное исследование процессов сложного нагружения на замкнутых четырехзвенных ломаных траекториях деформирования // Современные проблемы теории машин. 2016. №4(2). С. 79-81.

References

1. Zubchaninov V.G Automated system for the study of elastic- viscous-plastic properties of materials under complex loading. The decision on granting the certificate on useful model / V.G. Zubchaninov, A.V. Akimov, N.L. Ohlopkov. – М.: VNIIGPE, 1997. – No/ 97108023/(0088702).
2. Garanikov V.V., Zubchaninov V.G., Ohlopkov N.L Experimental plasticity: Monograph. Book 1: The processes of complex deformation. – Tver: TSTU, 2003. – 172 p.
3. Garanikov V.V. Experimental research of processes of complex loading on close four-link trajectories of deformation. // Modern problems of machine theory. 2016. No. 4(2). P. 79-81.

Гараников Валерий Владимирович – доктор технических наук, заведующий кафедры «Техническая механика» mexanika06@mail.ru	Garanikov Valeriy Vladimirovich – doctor of technical sciences, professor, head of Department «Technical mechanics»
--	--

Received 06.05.2022