

ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТАЛИ 9Х2 ПРИ СЛОЖНОМ НАГРУЖЕНИИ

Гараников В.В.

Тверской государственный технический университет, г. Тверь

Ключевые слова: Ползучесть, эксперимент, сложное, нагружение, осевая сила, кручение, внутреннее давление.

Аннотация. В данной статье приведены результаты экспериментальных исследований, проведенных на автоматизированном расчетно-экспериментальном комплексе. Комплекс состоит из нагружающей установки, реализующей трехпараметрическое воздействие на образец (осевая сила, кручение и внутреннее давление), датчиков усилий и деформаций, управляющей ЭВМ и устройства связи с объектом.

RESEARCH OF ELASTOPLASTIC PROPERTIES STEEL 9H2 UNDER COMPLEX LOADING

Garanikov V.V.

Tver State Technical University, Tver

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

Abstract. This article presents the results of experimental studies conducted on an automated calculation and experimental complex. The complex consists of the loading unit that implements the three-parameter effect on the sample (axial force, torsion and internal pressure), force and strain sensors, the control computer and the communication device with the object.

Сложность форм современных конструкций, повышение интенсивности воздействий приводит к неоднородности напряженно-деформируемого состояния, возникновению областей пластичности. Во многих случаях пластическое деформирование возникает в реальных технологических процессах. Поэтому постановка экспериментов на широком классе траекторий, также проверка физической достоверности определяющих соотношений теории пластичности являются актуальной проблемой экспериментальной механики. В данной работе приведены результаты экспериментальных исследований, проведенных на автоматизированном расчетно-экспериментальном комплексе СН-ЭВМ. Данный комплекс разработан в лаборатории механических испытаний Тверского государственного технического университета [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). Механическая часть

выполнена на базе испытательной машины ЦДМУ-30 и включает замкнутую силовую раму с размещенными на ней элементами крепления образца и приводами реализуемых усилий. В процессе автоматизации регулятор давления (РД) гидросистемы был дополнен приводом, управление которым осуществлялось программно с блока задающего параметры нагружения. Для измерения осевых, окружных и сдвиговых перемещений оболочки применялся экстензометр. При помощи экстензометра осевое перемещение образца на базе прибора 50 ± 0.1 мм измеряется с погрешностью не более $\pm 6 \cdot 10^{-3}$ мм, угол поворота $\pm 7 \cdot 10^{-4}$ рад., изменение величины радиуса оболочки $\pm 3 \cdot 10^{-3}$ мм. Диапазон перемещений – осевое 2 мм, угловое 0.25 рад., радиальное ± 0.6 мм. Захваты для образцов, используемые в испытаниях, состоят из двух колец и корпусной вилки, соединенных во взаимноперпендикулярном направлении в горизонтальной плоскости, образующих крестообразный шарнир Гука. Эксперименты выполнены на тонкостенных круговых цилиндрических оболочках. Образцы изготавливались по специально разработанной и апробированной технологии. Наружная и внутренняя поверхности образцов обработаны по седьмому классу точности. Тонкостенные трубчатые образцы имели толщину стенки $h=1$ мм, радиус срединной поверхности $R=15$ мм, длину рабочей части $L=6R$. Перед испытаниями проводился контроль геометрических размеров оболочек в соответствии с ГОСТ 12501-67 и ГОСТ 10006-80 в восьми точках в двух взаимноперпендикулярных направлениях.

Программная часть системы обеспечивает выполнение функций формирования исходных данных для управления и условий реализации алгоритма, задание траектории нагружения, сбор и обработку измерительной информации о ходе эксперимента, реализацию функций регулятора системы автоматического управления, обработку внешнего изменения условий и параметров процесса нагружения. Более подробное описание о функционирование комплекса приведено в [2,3].

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.

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 рис. 1. Точки, отмеченные номерами 37,50, отвечают соответственно началу и окончанию процесса выборки ползучести. Точки, обозначенные цифрами в кружках, соответствуют началу циклов сложного нагружения. Как видно из рис. 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.

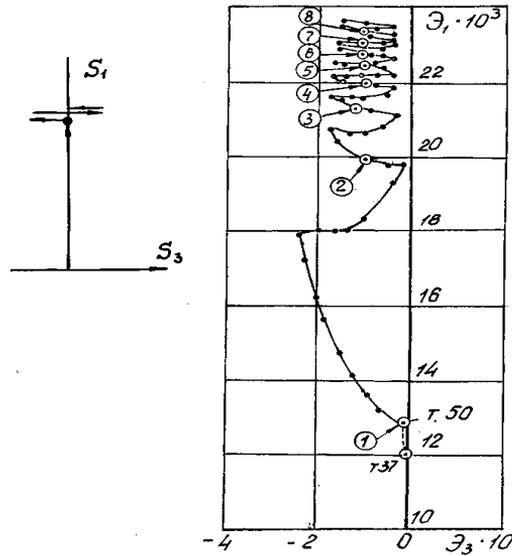


Рис. 1. Программа испытаний и траектория деформаций

Всего было выполнено 10 полных циклов нагружения по S_3 . Диаграмма деформирования представлена на рис. 2. Треугольники отвечают предварительной полной разгрузке, кружки с внешними крестиками соответствуют повторному простому нагружению до $S_1=318$ МПа. После реализации 10 циклов сложного нагружения по S_3 образец был дополнительно растянут до $S_1=406$ МПа ($S_3=0$). По окончании процесса выборки ползучести повторно реализовано сложное шестнадцатичиковое закручивание оболочки в диапазоне $-25 < S_3 < 25$ (МПа), после чего амплитуда изменения компоненты S_3 в пределах цикла была увеличена до $|S_3| = 50$ МПа.

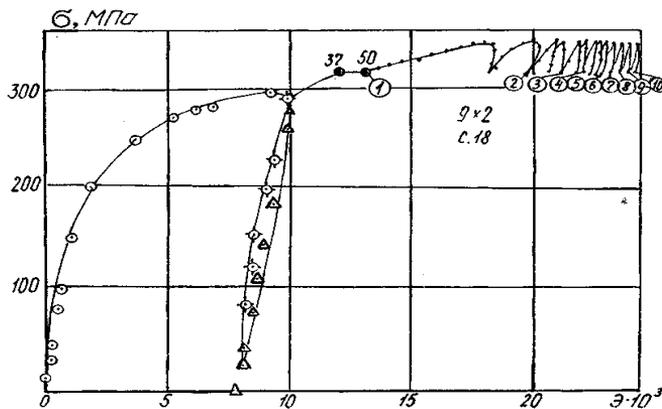


Рис. 2. Диаграмма деформирования

Результаты данного этапа эксперимента приведены на рис. 3 в виде графика зависимости компоненты Δ_1 вектора деформаций Δ от числа циклов сложного нагружения.

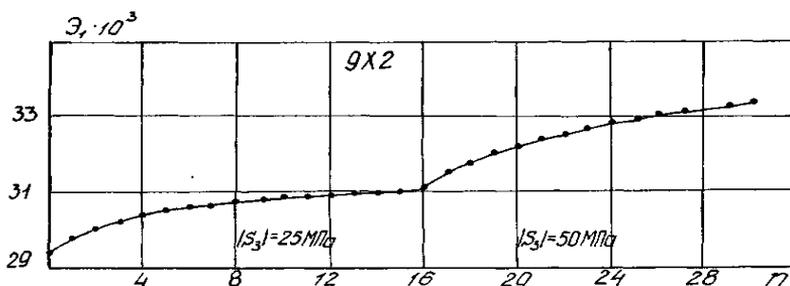


Рис. 3. Зависимость изменения компоненты \mathcal{E}_1 от числа циклов

Сопоставление данных рис. 1-3 показывает, что для всех реализованных процессов сложного нагружения после пяти первых циклов скорость изменения компоненты $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_1(n)$ практически стабилизируется и возрастает с увеличением диапазона изменения S_3 в пределах цикла нагружения.

Список литературы

1. Зубчанинов В.Г. Автоматизированный комплекс для исследования упруговязкопластических 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 ползучести при сложном нагружении // The Wau of Science. International scientific journal. – 2014. – №8 (8). – С. 61-63.

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. – M.: VNIIGPE, 1997. – No/ 97108023/(0088702).
2. Garanikov V.V., Zubchaninov V.G., Ohlopkov N.L. Experimental plasticity: Monograph. Book 1. Processes of complex deformation. – Tver: TSTU, 2003. – 172 p.
3. Garanikov V.V. Experimental study of creeping under complex loading // The Wau of Science. International scientific journal. – 2014. – №8 (8). – P. 61-63.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Гараников Валерий Владимирович – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой технической механики, Тверской государственный технический университет, г.Тверь, Россия, механика06@mail.ru

Garanikov Valeriy Vladimirovich – doctor of technical sciences, professor, head of Department of technical mechanics, Tver state technical University, Tver, Russia, механика06@mail.ru

Получена 17.03.2020