

РЕЛАКСАЦИЯ ОСТАТОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В ТОНКОСТЕННЫХ ПРОДУКТОПРОВОДАХ ПНЕВМОГИДРОСИСТЕМ ГТД В СОСТОЯНИИ ПОСТАВКИ ПРИ ПОЛЗУЧЕСТИ

Радченко В. П., Бербасова Т. И., Цветков В. В.

Самарский государственный технический университет, г. Самара,

radchenko.vp@samgtu.ru

Ключевые слова: тонкостенные продуктопроводы, состояние поставки, остаточные напряжения, ползучесть, релаксация

Тонкостенные цилиндрические оболочки – широко распространенный технический элемент в различных конструкциях машиностроения, нефтехимии, нефтепереработки, авиационном и энергетическом машиностроении и других промышленных комплексах. В настоящей работе разработана методика расчёта релаксации остаточных напряжений в тонкостенных трубках в состоянии поставки, возникающих в результате технологии их изготовления на внутренней и внешней поверхностях, в условиях ползучести. В качестве примера рассмотрены прямолинейные трубки $\varnothing 12 \times 1$ мм из стали X18H10T, являющиеся частью трубопроводов авиационных пневмогидросистем ГТД. В качестве исходной экспериментальной информации использовались экспериментальные данные для остаточных напряжений в состоянии поставки из работы [1], которые приведены на рис. 1. В этой же работе разработана и математическая модель реконструкции остаточных напряжений. Расчётные данные согласно этой модели также представлены на рис. 1. Анализ представленных данных свидетельствует о достаточно больших значениях остаточных напряжений в приповерхностных слоях толщиной от 100 мкм до 160 мкм в трубках, причём во внутреннем и внешнем слоях они противоположного знака. В частности, на внешнем контуре наблюдаются растягивающие остаточные напряжения, что приводит к «раскрытию» всех вакансий и способствует разрушению материала и, в конечном итоге, приводит к ускоренному зарождению и раскрытию микротрещин, например, в условиях многоциклового нагружения.

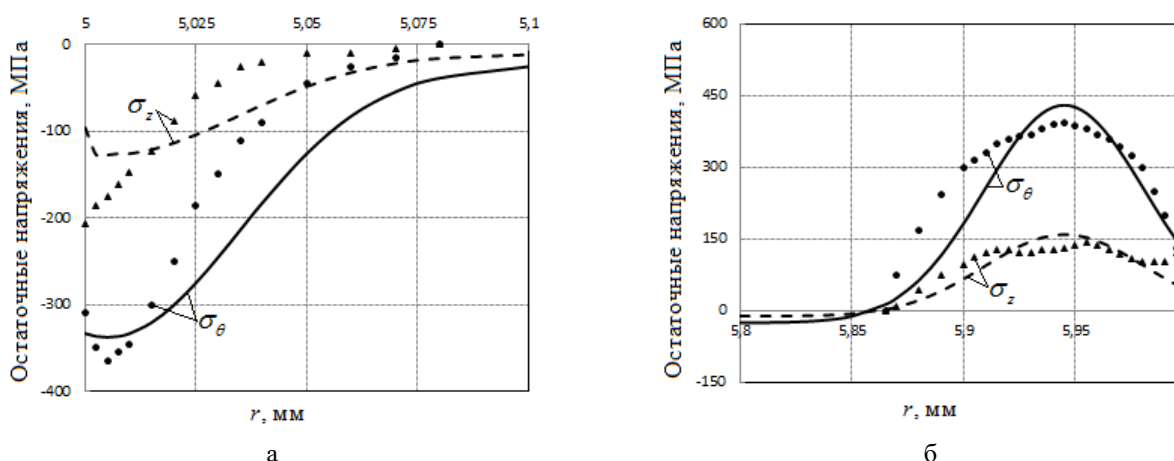


Рис. 1 – Экспериментальные (маркеры) и расчётные зависимости $\sigma_\theta = \sigma_\theta(r)$ (сплошные линии) и $\sigma_z = \sigma_z(r)$ (штриховые линии) в областях, прилегающих к внутренней (а) и внешней (б) поверхности трубок в состоянии поставки

В связи с изложенным возникает задача оценки скорости релаксации остаточных напряжений в условиях высокотемпературной ползучести. Для решения этой задачи разработана методика расчёта двухсторонней релаксации остаточных напряжений на внешней и внутренней поверхностях тонкостенных трубок в условиях ползучести. Исследован процесс релаксации в тонкостенных трубках из стали 08X18H9 (ранний аналог стали X18H10T) в условиях

термоэкспозиции, осевого растяжения, внутреннего давления и совместного действия осевого растяжения и внутреннего давления при $T = 600$ °С. Показано, что в этих условиях происходит практически полная релаксация остаточных технологических напряжений в образцах в состоянии поставки как на внутренней, так и на внешней поверхности в течение 50 часов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (№19-19-00062).

Список литературы

1. Радченко В. П., Павлов В. Ф., Бербасова Т. И., Саушкин М. Н. Метод реконструкции остаточных напряжений и пластических деформаций в тонкостенных трубопроводах в состоянии поставки и после двухстороннего виброударного поверхностного упрочнения дробью / Вестник ПНИПУ. Механика. 2020. № 2. С. 123-133.

Сведения об авторах

Радченко Владимир Павлович, д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедры «ПМиИ». Область научных интересов: математические модели неупругого деформирования и разрушения материалов поверхностно упрочнённых конструкций.

Бербасова Татьяна Игоревна, аспирант кафедры «ПМиИ». Область научных интересов: аналитические и численные методы механики упрочнённых конструкций.

Цветков Виталий Владимирович, к.ф.-м.н., доцент кафедры «ПМиИ». Область научных интересов: математические модели неупругого деформирования и разрушения материалов поверхностно упрочнённых конструкций.

RELAXATION OF RESIDUAL TECHNOLOGICAL STRESSES IN THIN-WALLED PRODUCT PIPELINES OF PNEUMATIC HYDRAULIC SYSTEMS GAS TURBINE ENGINES IN DELIVERY CONDITION IN CREEP

Radchenko V.P., Berbasova T.I., Tsvetkov V.V.

Samara State Technical University, Samara, Russia, radchenko.vp@samgtu.ru

Keywords: thin-walled product pipelines, delivery condition, residual stresses, creep, relaxation

A method for calculating the bilateral relaxation of residual stresses on the inner and outer surfaces of thin-walled product pipelines under creep conditions under axial tension and internal pressure has been developed and implemented.