

Д. А. Александров, В. И. Солонин,
В. М. Чернышев

ПЛАСТИЧЕСКОЕ ДЕФОРМИРОВАНИЕ СТЕРЖНЯ ПОГЛОЩАЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА С РАСПУХАЮЩИМ ПОРОШКОВЫМ СЕРДЕЧНИКОМ

В системах управления и защиты ядерных реакторов применяются стержни поглощающих элементов с набухающим под действием нейтронного облучения порошковым сердечником, заключенным в стальную оболочку. Разработана математическая модель порошкового сжимаемого материала для описания пластического поведения сердечника. Модель описывает феноменологические механизмы пластического уплотнения при гидростатическом сжатии и пластического течения при сдвиге. Уплотнение оказывает упрочняющее действие на пластический сдвиг. Рассмотрен ряд примеров пластического нагружения. С помощью предложенной модели исследовано пластическое деформирование стержня поглощающего элемента с оболочкой из коррозионно-стойкой стали, содержащей порошок карбида бора. Набухание сердечника сопровождается его уплотнением и приводит к радиальному расширению оболочки. Представлены результаты численных расчетов для обоих элементов конструкции стержня, полученные методом конечных элементов.

Plastic deformation of the neutron adsorbing rod containing a swelling powder core / D.A. Alexandrov, V.I. Solonin, V.M. Chernyshev

The neutron adsorbing rods consist of stainless steel shell containing powder swelling core. They are used in a reactor control and protection system. A mathematical model of the powder compressible material is developed for application in an inelastic behavior modeling of the irradiation swelling powder core. The model represents the phenomenological mechanisms of plastic compressibility due to hydrostatic stress loading and plastic shear deformation. The volume plastic compression results in hardening related to plastic shear strain. Some examples of plastic loading are considered. Plastic deforming of stainless steel cylindrical shell containing boron carbide powder core is investigated using the proposed model. When compressing the swelling powder core, the shell plastic radial expansion occurs. The results of plastic deforming numerical simulation by means of finite element method are presented for both rod structure components. Figs.8. Refs.10.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чернышев В. М., Пономаренко В. Б., Рисованный В. Д. Органы регулирования и СВП ядерных реакторов ВВЭР-1000 и пути их усовершенствования. – Вопросы атом, науки и техн. Физика радиац. поврежд. и радиац. материаловедение. – Харьков, Изд-во ХФТИ, 1994, вып. 2–4. – С. 95–113.
2. Перельман В. Е. Формование порошковых материалов. – М.: Metallurgia, 1979. – 235 с.
3. Петросян Г. Л. Пластическое деформирование порошковых материалов. М.: Metallurgia, 1988. – 153 с.
4. Александров Д. А., Зарубин В. С. Исследование остаточных напряжений в телах с пластически сжимаемым слоем // Механика тверд. тела. – 1994. – № 1. – С. 60–64.
5. Новожилов В. В. О пластическом разрыхлении // Прикл. математика и механика. – 1965. – Т. 29, вып. 4. – С. 681–688.
6. Зарубин В. С. Прикладные задачи термпрочности элементов конструкций. – М.: Машиностроение, 1985. – 344 с.
7. Александров Д. А. Исследование накопления повреждений в термонапряженных конструкциях // Труды МГТУ им. Н.Э. Баумана. 1990. – № 542. – С. 18–30.
8. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир, 1975. – 540 с.
9. Лихачев Ю. И., Пупко В. Я. Прочность тепловыделяющих элементов ядерных реакторов. – М.: Атомиздат, 1974. – 187 с.
10. Биргер И. А. Общие алгоритмы решения задач упругости, пластичности и ползучести // Успехи механики деформируемых сред. – М.: Наука, 1975. – С. 112–117.

Статья поступила в редакцию 27.02.1996

Дмитрий Александрович Александров родился в 1954 г., окончил в 1977 г. МВТУ им. Н.Э. Баумана. Канд. техн. наук, начальник лаборатории Московского завода полиметаллов. Специалист в области термомеханики, прочности энергетических установок, статистических методов управления качеством.

D.A. Alexandrov (b. 1954) graduated from Bauman Moscow Higher Technical School in 1977. Ph. D. (Eng.), laboratory head of Moscow Polymetal Plant. Specializes in the fields of thermomechanics, power plant strength, statistic methods for quality control.

Владимир Иванович Солонин родился в 1938 г., окончил в 1960 г. МВТУ им. Н.Э. Баумана. Д-р техн. наук, профессор кафедры “Ядерные реакторы и ядерные энергетические установки” МГТУ им. Н.Э. Баумана. Специалист в области разработки эффективных реакторных установок, физического и математического моделирования теплогидравлических и тепломеханических процессов в реакторных установках.

V.I. Solonin (b. 1938) graduated in 1960 from Bauman Moscow Higher Technical School. D. Sc. (Eng.), professor of “Nuclear Reactors and Nuclear Power Plants” Department of Bauman Moscow State Technical University. Specializes in the field of efficient nuclear reactors development, physical and mathematical modeling of thermohydraulic and thermomechanical processes in the reactor plants.

Владимир Михайлович Чернышов родился в 1956 г., окончил в 1979 г. Московский инженерно-физический институт. Директор НИКТБ Московского завода полиметаллов. Специалист в области конструирования систем управления и защиты ядерных энергетических установок.

V.M. Chernyshev (b. 1956) graduated from Moscow Institute of Engineering and Physics in 1979. Director of research and design bureau of Moscow Polymetal Plant. Specializes in the field of design the control and protection systems for nuclear power plants.