

УСТАНОВИВШАЯСЯ ПОЛЗУЧЕСТЬ ДИСКОВ В НЕОБРАТИМОЙ ТЕОРИИ ДЕФОРМАЦИЙ

Шайхутдинов Р.И.

Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, shaykhutdinovri@gmail.com

Ключевые слова: ползучесть элементов конструкции, определяющие соотношения, феноменологический подход, структурный подход, учёт структуры материала.

Расчёты на ползучесть элементов конструкций обязательны при проектировании деталей и узлов в авиакосмической и энергетической отраслях промышленности. Условия работы таких деталей обычно связаны с длительным пребыванием при повышенных температурах.

Для описания напряжённого и деформированного состояния вместе с деформацией ползучести механика деформируемого твёрдого тела классически использует так называемые феноменологические соотношения, при этом при неустановившейся ползучести полная деформация рассматривается как сумма упругой и деформации ползучести, а при установившейся только деформация ползучести.

При учёте структуры в классической механике деформируемого тела определяющие соотношения содержат структурные параметры, которым можно придать любой смысл. Для учёта структуры, в отличие от классики, закон ползучести взят в данной работе таким образом, чтобы он содержал так называемый действительный структурный параметр – плотность неподвижных дислокаций ρ_s [1,2]

$$\dot{\rho}_{s(g)} = \left[\frac{\dot{\epsilon}^c}{b\lambda} - \rho_s^{3/2} v_D b \exp\left(-\frac{\beta G b^3 + \sigma_i b^2 / m \sqrt{\rho_s}}{kT}\right) \right]. \quad (1)$$

С одной стороны принятие такого закона в виде кинетического уравнения (1) позволяет [3] описывать кривые ползучести также, как это происходит в случае с феноменологическими теориями, с другой стороны он связан с размером зерна, что можно использовать для его оценки [4].

Однако использование соотношений подобного типа не является новым с точки зрения физики прочности и ползучести, и авторы, как правило, фиксируют открытые вновь механизмы пластической деформации некоторым законом, описывающим количественно закономерности этого механизма. Проблемой является решение классических задач ползучести в механике деформируемого твёрдого тела, в которых содержится структурный параметр, который бы учитывал такой механизм, то есть сложно инкорпорировать кинетическое уравнение со структурным параметром с задачами механики деформируемого тела при ползучести. Для одномерных задач (установившаяся и неустановившаяся ползучесть при растяжении, кручении и изгибе) этот шаг уже сделан [5, 6] и результат инкорпорирования сводится к граничным или начальным задачам дифференциальных уравнений, которые могут быть решены численными методами с достаточной степенью точности.

Следующим этапом работы является решение данной задачи для случая плоского напряжённого деформированного состояния в установившейся постановке, к которым можно отнести установившуюся ползучесть дисков вращающихся турбин. К уравнению равновесия диска в напряжениях должно быть присоединено уравнение (1) и выведена граничная задача дифференциальных уравнений на плотность неподвижных дислокаций и радиальные и окружные напряжения.

Список литературы

1. Грешнов В. М. Физико-математическая теория больших необратимых деформаций металлов / М.: Физматлит. 2018.

2. Грешнов В.М., Шайхутдинов Р.И. Физико-феноменологическая модель дислокационной ползучести металлов / Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета, 2013. Т. 17. №. 1 (54). С. 33-38.
3. Boyle J.T., Spence J. Stress analysis for creep. Elsevier, 2013.
4. Greshnov V.M. et al. Al-Mg-Sc (1570) Alloy Structure Formation Process / Proceedings of the International Conference on Aerospace System Science and Engineering 2021. Singapore: Springer Nature Singapore, 2022. PP. 547-554.
5. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. 2020.
6. Грешнов В.М., Шайхутдинов Р.И. и др. Ползучесть при кручении круглого бруса физико-феноменологической теории необратимых деформаций металлов / Современные технологии композиционных материалов. 2018. С. 44-48.

Сведения об авторе

Шайхутдинов Р.И., старший преподаватель кафедры механики и цифрового проектирования факультета авиационных двигателей, энергетики и транспорта Уфимского университета Науки и Технологий. Область научных интересов: кинематика и динамика абсолютно твёрдых тел, механика деформируемого твёрдого тела, ползучесть элементов конструкций, моделирование процессов пластической деформации металлов.

STEADY CREEP OF DISCS IN THE THEORY OF IRREVERSIBLE DEFORMATIONS OF METALS

Shaykhutdinov R.I.

Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia, shaykhutdinovri@gmail.com

Keywords: creep, constitutive equation, phenomenological approach, structural approach, constitutive equation, structure tracking.

The use of new structural creep model is suggested to implement in steady planar stress state creep problems. Uniaxial problems such as axial loading, torsion, bending during steady and transient condition with structural equations could be solved neatly with the theory of this type as research shows. This obstacle is important to overcome to incorporate uniaxial creep theories with meaningful structural parameters into mechanics of deformable body.