

Термоупругая задача для двухслойного цилиндра с трещиноподобным дефектом¹

Жорник В.А.

кандидат ф.-м. наук, доцент

Таганрогский государственный педагогический институт, Таганрог, Россия

E-mail: zhornik@land.ru

Двухслойные цилиндры находят широкое применение в различных отраслях промышленности, в том числе в энергетике, в частности в тепловыделяющих элементах цилиндрической формы (в ТВЭЛах). В этой системе нагревающий элемент заключен в тонкую металлическую оболочку, охлаждаемую жидким теплоносителем. В результате возникают температурные градиенты и, как следствие, температурные напряжения. Поскольку в оболочке всегда имеются микродефекты, то под воздействием температурных напряжений они могут развиваться, образуя трещины относительно больших размеров.

В работе в качестве модели для исследования выбран неограниченный сплошной цилиндр, окруженный тонкостенной упругой оболочкой, на внешней поверхности которой имеется трещиноподобный дефект, расположенный в поперечном сечении этой двухслойной системы. Дефект имеет в плане полукруглую форму с диаметром, расположенным на этой поверхности и своим круглым контуром уходящим вглубь оболочки. На поверхности оболочки с трещиной происходит теплообмен в среду (теплоноситель) известной постоянной температуры, так что трещина не оказывает влияния на процесс радиального распространения теплоты. В работе решена задача теплопроводности для двухслойного цилиндра с постоянной начальной температурой и с теплообменом на внешней поверхности оболочки в среду известной постоянной температуры с использованием граничных условий четвертого рода на контакте. Решение доведено до числовых результатов; в частности, получены зависимости температур на поверхности оболочки и на контакте цилиндра и оболочки от времени.

Поскольку оболочка тонкостенная, то она моделируется пластиной, на обеих поверхностях которой задаются различные температуры функции времени. Одна из этих поверхностей – поверхность контакта цилиндра и оболочки, а другая – внешняя поверхность цилиндрической оболочки, с полукруглой в плане трещиной с диаметром, расположенным на поверхности с полукругом, уходящим вглубь пластины (оболочки).

Используя решение для коэффициента интенсивности напряжений (КИН), полученное в [1] для пластины, на одной поверхности которой с полукруглой трещиной задается постоянная температура, а на другой – нулевая температура, рассчитан КИН для оболочки с трещиной, окружающей тепловыделяющий цилиндр. При этом использовалась теорема Дюамеля с аппроксимацией температур, заданных на поверхностях оболочки (пластины) [2]. Исследована кинетика роста полукруглой в плане трещины с использованием критерия Ирвина о трещиностойкости материала оболочки.

Литература

1. Smith F.W., Emery A.F., Kobayashi A.S. Stress intensity factors for semicircular crack, Trans. ASME, ser. E. J. Appl. Mech. **34**, № 4, 1967.
2. Zhornik V.A., Prokopenko Yu.A., Rybinskaya A.A. & Savochka P.A. Ring-shaped crack propagation in a cylinder under nonsteady cooling // High Performance Structures and Materials III, Southampton, UK, Boston, USA.

¹ Тезисы доклада основаны на материале исследований, проведенных в рамках гранта «Фундаментальные исследования и высшее образование» (BRHE) Министерства образования и науки Российской Федерации и Американского фонда гражданских исследований и развития (CRDF) (код проекта Р.Н.П. 2.22.3.10012).