

Об одной задаче термоупругости для двухслойного цилиндра

Прокопенко Ю.А.¹, Рыбинская А.А.² Савочка П.А.¹

¹аспирант, ²ассистент

Таганрогский государственный педагогический институт, Таганрог, Россия

E-mail: zhornik@land.ru

Для оценки температурных напряжений, возникающих в сплошном цилиндре при нанесении различных покрытий, в работе авторов [1] были получены основные соотношения термоупругой задачи об охлаждении (нагревании) двухслойного цилиндра (сплошного цилиндра с покрытием) с использованием граничных условий четвертого рода на контакте и с теплообменом на свободной от нагрузок поверхности покрытия. Полученное точное решение задачи оказалось весьма громоздким. В связи с этим вместо уравнения теплопроводности покрытия было предложено нестандартное граничное условие на цилиндрической поверхности сплошного цилиндра, которое учитывает теплопроводные и теплоемкие свойства покрытия и значительно упрощает решения задачи термоупругости для сплошного цилиндра.

В настоящей работе проводится оценка точности полученного приближенного решения задачи. Показано, что если точное решение задачи для цилиндра разложить в степенной ряд по относительной толщине покрытия (отношение толщины покрытия к радиусу цилиндра) и ограничиться нулевой степенью в этом разложении, то получается приближенное решение, не учитывающее теплопроводные и теплоемкие свойства покрытия (0-е приближение). Ограничение в точном решении задачи для цилиндра первой степенью разложения приводит к приближенному решению с учетом только теплопроводных свойств покрытия (1-е приближение). Если же в точном решении задачи для цилиндра ограничиться второй степенью разложения по относительной толщине покрытия, то получается приближенное решение, в котором учитываются теплопроводные и теплоемкие свойства покрытия. Кроме того, в работе точные и приближенные решения задачи термоупругости с применением ЭВМ доведены до численных результатов с использованием физико-механических постоянных, взятых из [2]. При этом радиус сплошного цилиндра взят равным $5 \cdot 10^{-3}$ м, а толщины покрытия $0,25 \cdot 10^{-3}$ м и $1 \cdot 10^{-3}$ м.

Численный расчет показал, что при толщине покрытия $0,25 \cdot 10^{-3}$ м (относительная толщина покрытия 0,05) отличие между 0-ым приближенным решением и точным весьма значительно, особенно на контакте между основой и покрытием. Ошибка составляет $\sim 50\%$. Однако учет только теплопроводных свойств покрытия (1-е приближение) уменьшает ошибку до $\sim 3\%$, а учет еще и теплоемких свойств покрытия (2-е приближение) до $\sim 1,5\%$. Если толщина покрытия увеличена до $1 \cdot 10^{-3}$ м (относительная толщина покрытия 0,2), то погрешность возрастает. Отличие между 0-ым и точным решением составляет 64%, между 1-ым приближением и точным – 9%, между 2-ым приближением и точным – 5,5%. Эти оценки необходимо учитывать при расчете термонапряженного состояния двухслойного цилиндра.

Литература

1. Прокопенко Ю.А., Рыбинская А.А., Савочка П.А. Термоупругие напряжения в двухслойном цилиндре // Тезисы докладов XIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов – 2006», 2006, С. 115-116.
2. Zhornik A.I., Zhornik V.A., Pavlenko A.V., Rybinskaya A.A., Shavochka P.A. Ring-shaped crack extension in covered cylinders with powdery covering under cooling // Third International Conference on Powder Metallurgy – RoPM 2005. 7-9 July Sinaia, Romania, 2005, P. 865-870.