

УДК 539.37:691.32

DOI: 10.17223/00213411/63/5/64

О.В. МАТВИЕНКО^{1,2}, О.И. ДАНЕЙКО^{1,2}, Т.А. КОВАЛЕВСКАЯ^{1,2}**НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СТЕНОК СОСТАВНОЙ ТРУБЫ ИЗ ДИСПЕРСНО-УПРОЧНЕННОГО АЛЮМИНИЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВНУТРЕННЕГО ДАВЛЕНИЯ ***

Исследовано напряженное состояние собранной с натягом составной трубы из дисперсно-упрочненного алюминиевого сплава, нагруженной равномерным внутренним давлением. Определена величина контактного давления, а также величина натяга, позволяющая повысить предел упругого сопротивления составной трубы по сравнению со сплошной. Показано, что с увеличением температуры и расстояния между упрочняющими частицами при одной и той же их объемной доле величина предельного натяга уменьшается. Предел упругого сопротивления внутренней трубы в случае ее малой толщины линейно возрастает с ростом натяга. Увеличение контактного давления при соизмеримых толщинах внешней и внутренней трубы приводит к росту напряжений в стенке внешней трубы и способствует ее пластической деформации.

Ключевые слова: дисперсно-упрочненные материалы, алюминиевые сплавы, наноразмерные частицы, упругая деформация, математическая модель, составная труба.

Введение

Известно, что использование композиционных материалов, состоящих из высокопрочных наполнителей (дисперсных фаз) и пластичных связующих (матриц) [1, 2], позволяет значительно повысить эксплуатационные характеристики и обеспечить требуемый уровень надежности и долговечности технологических устройств, применяемых в энергетике, химической и нефтеперерабатывающей промышленности [3–5].

Дисперсно-упрочненные материалы, в матрице которых распределены наноразмерные частицы [6, 7], проявляют уникальные свойства по сравнению с традиционными сплавами [8–10]. Эти материалы характеризуются изотропией механических свойств, высокой пластичностью и прочностью [11, 12]. Ансамбль дисперсных частиц наполнителя упрочняет материал за счет сопротивления движению дислокаций при нагружении, что затрудняет пластическую деформацию. Упрочняющие частицы, распределенные в матрице, в соответствии с теорией Орована [13–15] препятствуют движению дислокаций и тем самым способствуют повышению всех прочностных и деформационных свойств. Прочностные характеристики дисперсно-упрочненных материалов определяются формой, размером частиц, а также расстоянием между ними [16, 17]. Варьирование состава матрицы, размера частиц и их объемной доли [10] позволяет получить материалы, обладающие различными свойствами.

В современной энергетике в качестве элементов теплообменных аппаратов широко применяются трубы, нагруженные внутренним давлением. Для определения надежности работы теплообменных аппаратов необходима информация о напряжениях и деформациях, возникающих в стенках теплообменных труб в результате действия приложенной нагрузки. Точное решение задачи об упругой деформации стенок толстостенной трубы (задачи Ламе), нагруженной однородным внутренним давлением, имеет вид [18]

$$\sigma_{rr} = \frac{p_{in} R_{in}^2}{R_{ex}^2 - R_{in}^2} \left(1 - \frac{R_{ex}^2}{r^2} \right); \quad (1)$$

$$\sigma_{\varphi\varphi} = \frac{p_{in} R_{in}^2}{R_{ex}^2 - R_{in}^2} \left(1 + \frac{R_{ex}^2}{r^2} \right), \quad (2)$$

Здесь радиусы внутренней и внешней стенок трубы обозначены соответственно R_{in} и R_{ex} .

Записанное выше решение справедливо, когда величина приложенного давления не превышает предел упругого сопротивления трубы:

* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 17-13-01252).

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>