

УДК 539.37:691.32

DOI: 10.17223/00213411/62/4/144

*О.В. МАТВИЕНКО<sup>1,2</sup>, О.И. ДАНЕЙКО<sup>1,2</sup>, Т.А. КОВАЛЕВСКАЯ<sup>1,2</sup>***УПРУГОПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ ТРУБЫ ИЗ ДИСПЕРСНО-УПРОЧНЕННОГО АЛЮМИНИЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВНЕШНЕГО И ВНУТРЕННЕГО ДАВЛЕНИЯ\***

Проведено исследование упругопластической деформации толстостенной трубы из алюминия, упрочнённого некогерентными частицами, под действием внешнего и внутреннего давления. Определены пределы упругого и пластического сопротивления трубы для различных параметров упрочняющей фазы, температуры деформации и размеров трубы. Результаты математического моделирования показали, что с увеличением толщины стенки трубы переход от упругой деформации к пластической, а также достижение предела пластического сопротивления происходят при большей разности внешнего и внутреннего давлений. Уменьшение расстояния между частицами вызывает упрочнение материала, приводящее к росту предела упругого и пластического сопротивления. С увеличением температуры деформации граница, разделяющая упругую и пластическую области, смещается к внешней стенке трубы.

**Ключевые слова:** дисперсно-упрочнённые материалы, алюминиевые сплавы, наноразмерные частицы, пластическая деформация, математическая модель, деформационное упрочнение.

**Введение**

Повышение прочностных свойств конструкционных материалов является важнейшей задачей в машиностроении. Одним из перспективных направлений в материаловедении в настоящее время является создание дисперсно-упрочнённых сплавов с требуемыми свойствами и использование этих материалов в машиностроении, энергетике, химической, авиационной и космической промышленности [1].

Дисперсно-упрочнённые сплавы представляют собой материал, в матрице которого равномерно распределены мелкодисперсные субмикронные и наноразмерные частицы другого вещества. В таких материалах большую часть нагрузки принимает на себя матрица, в которой благодаря большому количеству практически не растворяющихся в ней частиц второй фазы создается структура, сопротивляющаяся пластической деформации [2]. Дисперсные частицы упрочняющей фазы оказывают сопротивление движению дислокаций при нагружении материала. Чем сильнее это сопротивление, тем выше прочность. Эффективность упрочнения зависит от вида частиц, их объемной концентрации, а также от равномерности распределения в матрице. Композиты на основе алюминия, упрочненного частицами, применяются в автомобилестроении, строительстве, авиационной технике. Особый интерес представляют материалы, упрочненные наноразмерными частицами, которые проявляют уникальные свойства по сравнению с традиционными алюминиевыми сплавами [3]. Наночастицы используются для улучшения механических (текучесть, твердость) и эксплуатационных (износостойкость) свойств изделий [4, 5]. Металлические материалы, армированные наночастицами, обладают наилучшим соотношением прочности и пластичности. Широкий спектр материалов с соответствующим набором свойств может быть получен путем изменения состава матрицы, размера частиц и их объемной доли [6, 7]. Наноразмерные частицы способствуют упрочнению матрицы, обеспечивая сопротивление движению дислокаций в соответствии с теорией Орована [8–10]. Отличительной особенностью и преимуществом сплавов с наночастицами по сравнению с армированными и слоистыми материалами является изотропия механических свойств, а также высокая пластичность и прочность [11].

В современной энергетике в качестве элементов теплообменных аппаратов широко применяются трубы, нагруженные внутренним и внешним давлением. Для определения надежности работы теплообменных аппаратов необходима информация о напряжениях и деформациях, возникающих в стенках теплообменных труб в результате приложенного давления [12].

Целью настоящей работы является исследование воздействия однородного внешнего и внутреннего давления на упругопластическую деформацию трубы из сплава на основе алюминия, уп-

\* 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://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>