

УДК 539.37:691.32

DOI: 10.17223/00213411/62/10/50

О.В. МАТВИЕНКО^{1,2}, О.И. ДАНЕЙКО^{1,2}, Т.А. КОВАЛЕВСКАЯ^{1,2}

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СТенок ТРУБЫ ИЗ ДИСПЕРСНО-УПРОЧНЕННОГО АЛЮМИНИЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВНЕШНЕГО И ВНУТРЕННЕГО ДАВЛЕНИЯ *

Исследовано напряженное состояние толстостенной трубы из алюминия, упрочнённой некогерентными частицами, под действием внешнего и внутреннего давления. Результаты математического моделирования показали, что одному и тому же положению зоны пластической деформации соответствуют два различных случая напряженного состояния стенок трубы. Если величина внутреннего давления меньше внешнего, то напряженное состояние характеризуется сжатием стенок трубы в тангенциальном направлении. В противоположном случае в стенке трубы возникают тангенциальные напряжения растяжения.

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

Введение

Повышение эксплуатационных характеристик теплообменных устройств, используемых в современной энергетике, требует создания материалов, обеспечивающих требуемый уровень надежности и долговечности [1]. Эти материалы должны обладать высокой прочностью с достаточным запасом пластичности [2, 3]. Для достижения этих целей эффективно использовать композиционные материалы, состоящие из высокопрочных наполнителей (дисперсных фаз) и пластичных связующих (матриц) [4, 5].

Особый интерес представляют дисперсно-упрочненные сплавы, в матрице которых распределены наноразмерные частицы [6, 7], которые проявляют уникальные свойства по сравнению с традиционными сплавами [8–10]. Значительным преимуществом сплавов, упрочненных наночастицами, по сравнению с армированными и слоистыми материалами является изотропия механических свойств, а также высокая пластичность и прочность [11, 12]. В отличие от волокнистых, в дисперсно-упрочненных композиционных материалах основным несущим элементом является матрица.

В соответствии с теорией Орована [13–15] упрочняющие частицы, распределенные в матрице, препятствуют движению дислокаций и тем самым способствуют повышению всех прочностных и деформационных свойств. Прочностные характеристики дисперсно-упрочненных материалов зависят от формы и размеров частиц, температуры и скорости деформации [16, 17]. Таким образом, варьирование состава матрицы, размера частиц и их объемной доли [10] позволяет получить материалы, обладающие требуемым набором свойств.

Настоящая работа продолжает исследования воздействия однородного внешнего и внутреннего давления на упругопластическую деформацию трубы из сплава на основе алюминия, упрочненного некогерентными наночастицами [18, 19]. Целью работы является определение напряжений в стенках трубы для различных сочетаний значений внешнего и внутреннего давлений.

Физико-математическая модель пластической деформации дисперсно-упрочненных сплавов с некогерентными частицами включает уравнения баланса деформационных линейных и точечных дефектов с учетом их генерации, аннигиляции и трансформации в процессе пластической деформации [20–22]. При моделировании процесса пластической деформации и деформационного упрочнения материалов с ГЦК-матрицей, содержащих некогерентную дисперсную фазу, предполагается, что в зоне сдвига образуются следующие типы деформационных дефектов: линейные – сдвигообразующие дислокации, призматические петли вакансионного и межузельного типа, дислокационные диполи вакансионного и межузельного типа, точечные деформационные дефекты – межузельные атомы, моновакансии, бивакансии.

Для определения напряжений в стенках трубы используется подход, подробно изложенный в работах [23–25]. В рамках этого подхода для решения уравнений механики деформируемого твер-

* 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>