

УДК 539.3

DOI: 10.17223/00213411/63/5/80

Е.В. ТУЧ¹, Я.В. МАЙЕР¹, Е.А. СТРЕБКОВА¹, М.Н. КРИВОШЕИНА^{1,2}

УПРУГОПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ МОНОКРИСТАЛЛА НА ОСНОВЕ ИНТЕРМЕТАЛЛИДА Ni_3Al В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКОГО НАПРАВЛЕНИЯ *

Представлены результаты численного исследования в трехмерной постановке процессов упругопластического деформирования кубического монокристалла на основе интерметаллида Ni_3Al (ВЖМ8) при ударном нагружении. Ударное нагружение осуществляли в направлении [001]. Развитие процессов деформации исследовали либо в направлениях [100] и [010], либо [011] и $[01\bar{1}]$. В первом случае кристаллографические направления монокристалла совпадают с осями расчетной системы координат и упругие постоянные в этих направлениях одинаковы. Во втором случае только одна ось совпадает с кристаллографическим направлением [100], две другие повернуты на угол 45° , при этом показано, что изменение упругих постоянных монокристалла в новых направлениях влечет изменение величин объемных сжимаемостей во всех трех направлениях. Это является следствием обобщенного закона Гука. В применяемой в данной работе математической модели описания упругопластической деформации предполагается постоянство величин объемных сжимаемостей монокристалла в области упругих и пластических деформаций. Впервые показано, что при указанном выше повороте осей координат в кубическом монокристалле выявляется изменение упругопластических деформаций в направлении оси ударного нагружения.

Ключевые слова: кристаллографические направления, упругие постоянные, монокристалл, динамическое воздействие.

Введение

В связи с необходимостью поиска новых материалов, удовлетворяющих повышенным требованиям к жаропрочности и жаростойкости для авиакосмической промышленности, повышается количество исследований механических свойств монокристаллических материалов. Монокристаллы в силу своего строения имеют высокие прочностные характеристики, а серия никелевых рений-рутенийсодержащих сплавов (ВЖМ6, ВЖМ8) имеет также высокие жаропрочные свойства [1–6]. Благодаря улучшенным механическим свойствам монокристалл на основе интерметаллида Ni_3Al (ВЖМ8) получил широкое применение в газотурбинных двигателях (ГТД) 5-го поколения [2]. Разработкой и исследованием свойств данного сплава активно занимаются во Всероссийском институте авиационных материалов (ВИАМ) и Центральном институте авиационного моторостроения им. П.И. Баранова (ЦИАМ) [1–6], что позволяет использовать результаты их исследований для постановок новых задач.

Хорошо известно, что в монокристаллах с кубической симметрией вдоль трех основных кристаллографических направлений упругие постоянные одинаковы, а при повороте двух направлений в одной плоскости на угол 45° наблюдается проявление аномальных упругих свойств, например, может появиться отрицательное значение коэффициента Пуассона (ауксетичность). Сплавы-ауксетики обладают в некоторых плоскостях величиной коэффициента Пуассона более 0.5, что невозможно для изотропных материалов. Расчеты численными методами процессов деформации материалов-ауксетиков в трехмерной постановке задачи позволяют учесть их несферическую геометрию указательных поверхностей модулей Юнга, сдвига и коэффициента Пуассона и выявить критически важные особенности деформирования таких материалов.

Цель настоящей работы – исследовать изменение процессов упругопластической деформации и динамических свойств в анизотропном монокристалле на основе интерметаллида Ni_3Al (ВЖМ8) в зависимости от ориентации расчетных осей координат под воздействием ударного нагружения.

Соотношения для описания процессов упругопластических деформаций в монокристаллах с кубической симметрией свойств

Динамическое нагружение анизотропного твердого тела моделируется в рамках механики сплошной среды с использованием уравнения неразрывности и уравнений движения [7] в трех-

* Работа выполнена по проекту III.23.1.2 в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственной академии наук на 2018-2020 гг.

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>