

Отжиг при температуре 873 К, 1 час приводит к полной рекристаллизации структуры и росту зерен до 3–4 мкм. рекристаллизация и рост зерен во всем объеме приводит к снижению величины микротвердости до уровня, соответствующего исходному, до ИПД, состоянию сплава (рис. 2, кривая 2).

Таким образом, проведенные исследования показали, что ультрамелкозернистая структура исследуемого сплава Zr-1Nb и ее микротвердость стабильны при температурах ниже 723 К. Однако, для точного установления температурного интервала стабильности механических свойств исследуемого ультрамелкозернистого сплава необходимо провести исследования влияния температуры отжига на его прочностные и пластические характеристики при растяжении.

Список литературы

1. Колобов Ю.Р., Валиев Р.З., Грабовецкая Г.П., Жиляев А.И., Дударев Е.Ф., Иванов К.В., Иванов М.Б., Кашин О.А., Найденкин Е.В. и др. Зернограничная диффузия и свойства наноструктурных материалов. – Новосибирск: Наука, 2001. – 232 с.
2. Носкова Н.И., Мулюков Р.Р. Субмикроструктурные и нанокристаллические металлы и сплавы. – Екатеринбург: УрО РАН, 2003. – 278 с.
3. Грабовецкая Г.П., Мишин И.П., Колобов Ю.Р. Влияние дисперсного упрочнения на закономерности и механизмы ползучести меди с субмикронным размером зерен // Известия вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. 2009.– №2.– С. 38–43.
4. Валиев Р.З., Александров И.В. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией. – М.: Логос, 2000. – 272 с.
5. Stepanova E.N., Grabovetskaya G.P., Mishin I.P., Bulinko D.Yu Structure and Mechanical Properties of a Zr-1Nb Alloy, Obtained by the Method of Severe Plastic Deformation // Materials Today Proceedings.– 2015.– No.2.– 365 – 369.

ЧИСЛЕННОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УПРУГИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОСТРАНСТВЕННО-АРМИРОВАННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

А.Н. АНОШКИН, П.В. ПИСАРЕВ, Д.А. ЕРМАКОВ

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Россия, г. Пермь, Комсомольский пр., 29
E-mail: den032895@yandex.ru

В настоящее время все больше внимания уделяется пространственно-армированным композиционным материалам (ПАКМ). Данные материалы отличаются от традиционных слоистых ламинатов тем, что в них реализовано армирование в третьем направлении. В слоистых композиционных материалах слои соединяются между собой с помощью связующего. В ПАКМ создаются дополнительные связи между слоями за счет введения армирования в направлениях, отличных от плоскости армирования слоев. Использование такого способа изготовления повышает возможности композиционных материалов в сопротивлении на сдвиг и отрыву.

При проектировании конструкций из ПАКМ, возникает необходимость в разработке методик прогнозирования физико-механических свойств рассматриваемых материалов. Существующие на сегодняшний день экспериментальные методики позволяют с достаточной точностью определить только шесть упругих технических постоянных: модули упругости E_1 , E_2 , коэффициент Пуассона μ_{12} , модуль сдвига в плоскости G_{12} и межслойные модули сдвига G_{13} и G_{23} [1]. В связи с этим, разработка методики численного прогнозирования

упругих характеристик пространственно-армированных композиционных материалов, является актуальной задачей.

Для проведения вычислительных экспериментов были построены геометрические модели представительного объема, учитывающие схему плетения структуры, объемной доли связующего и армирующих нитей, а так же геометрической формой армирующих нитей ПАКМ. На рисунке 1 представлен общий вид геометрической модели построенной в специализированном программном комплексе TEXGEN.

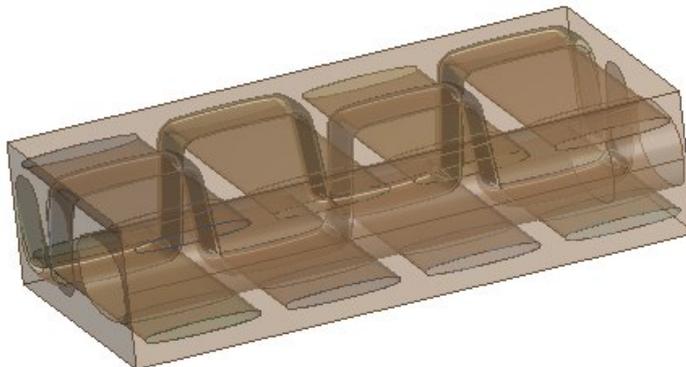


Рисунок 1 – Общий вид геометрической модели представительного объема пространственно-армированного композиционного материала

Численное решение данной задачи осуществлялось методом конечных элементов (МКЭ) в пакете ANSYS Workbench с использованием высокопроизводительного вычислительного комплекса. Для выбранного представительного объема решались краевые задачи теории упругости неоднородного анизотропного тела для шести вариантах граничных условий, соответствующих одноосному деформированию вдоль каждой из трех осей декартовой системы координат и чистому сдвигу в трех координатных плоскостях. В результате решения задач были получены неоднородные поля напряжений и деформаций в представительном объеме (микроструктурные напряжения и деформации), неоднородность при этом была обусловлена трехмерной структурой материала. Усреднив полученные микроструктурные напряжения по исследуемому представительному объему материала, были получены макроскопические напряжения и деформации, из сопоставления которых и решения трех независимых систем линейных уравнений были найдены эффективные упругие характеристики ПАКМ.

Таким образом, разработана методика численного прогнозирования упругих характеристик пространственно-армированного композиционного материала на базе параметрической численной модели, учитывающей схему плетения структуры, объемной доли связующего и армирующих нитей, а так же геометрической формой армирующих нитей ПАКМ.

Список литературы

1. Победря Б.Е. Механика композиционных материалов / Б.Е. Победря. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984. – 336 с.