

0.1. Крушев Д.Р., Ветрова А.В. Моделирование растяжения проволоки из NiTi при учете особенностей нелинейного деформационного поведения

Проволока из никелида титана, используется для изготовления специализированного медицинского трикотажа [1], в качестве нитей красоты и как сырье при аддитивном производстве. Во всех перечисленных случаях проволока претерпевает действие механических нагрузок, при этом необходимо адекватно оценивать границы применимости, строить прогнозы прочности, как отдельных проволок, так и изделий из них. В исследовании особенности реологического описания механического поведения тонких проволок легли в основу физико-математических моделей при проведении моделирования для оценки напряженно-деформированного состояния, под действием постоянных и знакопеременных нагрузок.

Для оценки реологического поведения и получения констант определяющих уравнений использовали экспериментальные данные по растяжению проволоки из никелида титана с составом Ti-50 ат.% Ni толщиной 40 мкм, которая была получена с использованием термомеханической обработки из монолитных слитков с промежуточными отжигами в несколько этапов [1]. После нагружения до разрушения на деформационных кривых выделены три характерные зоны: первая - упругое поведение аустенита B2 до деформации в пределах 1%, реологически описываемое линейно-упругой средой Гука с модулем упругости первого рода E_a ; вторая - превращение аустенита в мартенсит в виде плато, параллельного оси деформации, продолжительностью около 4%, описываемое жесткой средой Мизеса с параметром течения σ_s равным пределу упругости; третья – упругое деформирование мартенситной фазы вплоть до разрушения при относительном удлинении до 11%, по аналогии с упругостью аустенитной фазы, описывается линейно-упругой средой Гука с модулем упругости первого рода E_m для мартенсита. Разрушение при растяжении наступает по квазихрупкому сценарию без признаков пластического течения. Создана физико-математическая модель, основанная на реологическом описании экспериментальных данных, для которой выбрана математическая постановка [2], учитывающая особенности сверхэластичного поведения материала при нагрузке и разгрузке. Определяющее уравнение в выбранной модели включает 7 материальных констант, значения которых получены из экспериментальных данных. С использованием метода конечных элементов в трехмерной постановке создана расчетная сеточная модель на основе геометрической модели проволоки в виде цилиндрического образца диаметром 40 мкм и длиной 400 мкм. В качестве граничных условий использовали жесткое закрепление одного торца и перемещение другого тор-

ца до 11% относительной деформации в направлении вдоль главной оси проволоки. Полученные результаты численного моделирования, качественно и количественно подобны экспериментальным данным на всех участках деформирования при нагрузке и разгрузке.

Научный руководитель — д.ф.-м.н. Козулин А. А.

Список литературы

- [1] Марченко Е. С., Ясенчук Ю. Ф., Гюнтер С. В., Козулин А. А., Ветрова А. В., Полонякин А. С., Фатюшина О. А., Вусик А. Н. Клиническое применение металлтрикотажа из никелида титана на основе количественной оценки реологического подобия мягким биологическим тканям // Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. 2022. Т. 25. № 2 (81). С. 68–81.
- [2] Auricchio F. . A robust integration-algorithm for a finite-strain shape-memory-alloy superelastic model // International Journal of Plasticity. 2001. Vol. 17. N. 1. P. 971–990.