ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕЖФАЗНЫХ ГРАНИЦ В УПРУГОМ ТЕЛЕ

Кабанова П.К., Фрейдин А.Б.

Институт проблем машиноведения РАН, Санкт-Петербург
kabanovapk@mail.ru, alexander.freidin@gmail.com

Настоящая работа посвящена численному исследованию распространения области новой фазы в упругом теле при фазовом превращении мартенситного типа. Материал фаз принимается линейно-упругим. Фазовое превращение сопровождается собственной деформацией превращения, изменением модулей упругости и скачком химической энергии (свободной энергии фаз в ненапряженном состоянии). Задача сводится к нахождению положения межфазной границы, эволюция которой описывается кинетическим уравнением, связывающим скорость точек границы с конфигурационной силой, равной скачку нормальной компоненты тензора энергии-импульса Эшелби (см., напр., [1]).

Построена численная модель, основанная на использовании метода конечных элементов [2,3]. Полученное решение верифицировано рассмотрением задач, имеющих аналитические решения: задачи о распространении плоской межфазной границы при одноосном растяжении пластины и осесимметричной задачи о распространении межфазной границы в цилиндре при радиальном растяжении.

Исследовано влияние величины внешнего растяжения на эволюцию межфазной границы. Исследовано, как достигается равновесное положение межфазной границы, которому соответствует нулевая конфигурационная сила [4]. Исследовано также распространение межфазной границы, когда равновесного положения нет.

Исследована кинетика распространения межфазной границы в окрестности концентратора напряжений. Для случая концентратора в виде кругового отверстия исследовано влияние соотношения размеров отверстия и области новой фазы на эволюцию межфазной границы. Также показано, что при большом внешнем растяжении межфазная граница «забывает» о концентраторе напряжений и приходит к равновесному положению. Для случая концентратора в виде эллиптического отверстия исследовано влияние соотношения полуосей эллипса на распространение области новой фазы, индуцированное концентратором напряжений. При этом внешнее растяжение выбрано так, что в отсутствие концентратора напряжений фазовое превращение не происходит.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-19-00552-П).

Литература

[1] Gross D. Morphological equilibrium and kinetics of two-phase materials. In: Configurational mechanics of materials/ Ed. by Kienzler R., Maugin G.A. (CISM Courses and Lectures. No. 427. The International Centre for Mechanical Sciences.) Wien: Springer-Verlag. P. 221-272 (2001).
[2] Freidin A., Morozov A., Müller W.H. Propagation and stability of chemical reaction fronts in coupled problems of mechanochemistry. AIP Conf. Proc. 2371, 020002-1–020002-8 (2021).
[3] Morozov, A. Numerical and analytical studies of kinetics, equilibrium, and stability of the chemical reaction fronts in deformable solids. Doctoral Thesis, Technische Universität Berlin (2021).
[4] Гринфельд М.А. Методы механики сплошных сред в теории фазовых превращений. М.: Наука. 312 с. (1990).