

ОСОБЕННОСТИ ЭВОЛЮЦИИ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В МЕТАЛЛАХ С ЭПФ ВБЛИЗИ ТЕМПЕРАТУР ФАЗОВОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ

Вьюнско Ю. Н., Носковец А. А.*

СПбГУ, БГТУ*, Санкт-Петербург, Россия

Развитие деформационных процессов ЭПФ в значительной степени контролируется эволюцией температурных полей как на макроскопическом уровне [1,2] так и за счет динамики дефектов вблизи зоны температур превращения [3]. Этим обусловлена необходимость исследования распределения температуры в элементах предполагаемых

конструкций и, в частности, в пластинах. Рассмотрим равномерный нагрев пластины, проводимый с плоскостей $x = l$ и $x = -l$ (Рис.1). Полагаем, что пластина достаточно велика и можно пренебречь поступлением тепла в материал пластины с других поверхностей. Изменение поля температуры T описывается в данном случае уравнением:

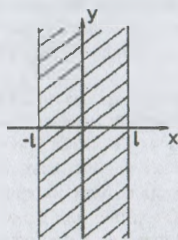


Рис.1.

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(a(T) \frac{\partial T}{\partial x} \right) \quad (1)$$

Полагаем, что начальная температура по всему объему пластины 293 К. Физические константы модельного материала принимаем равными константам эквивалентной композиции титан-никель. Температурные границы превращения: $A_s = 333$ К, $A_f = 343$ К.

Температуропроводность $a(T)$ описывается соотношениями:

$$a(T) = \begin{cases} \frac{\lambda}{c\rho}, & T < A_s, T > A_f \\ \frac{\lambda}{c\rho + c_1\rho \frac{(T - A_s)(A_f - T)}{(A_f - A_s)^2}}, & A_s \leq T \leq A_f \end{cases} \quad (2)$$

где ρ – плотность материала, c – теплоемкость однофазного состояния, λ – коэффициент теплопроводности.

Коэффициент c_1 определяют из формулы:

$$\int_{A_s}^{A_f} c_1 \frac{(T - A_s)(A_f - T)}{(A_f - A_s)^2} dT = Q, \quad (3)$$

где Q – скрытая теплота превращения.

В численном эксперименте толщина пластины была выбрана равной 4 мм. При высокой скорости нагрева поверхности $\dot{T} = 1$ К/с с достижением температуры A_s и продолжением ее роста в приповерхностных слоях начинается понижение температуры. На рис.2 показано как этот процесс идет на глубине $\sim 0,07$ мм. В зависимости от величины теплоты превращения длительность времени падения температуры различна. Кривая 1 на рис.2 отражает изменение T во времени при $Q = 357$ Дж/г. Если же теплота превра-

чения равна 166 Дж/г, то минимальное значение температуры достигается на 2 секунды быстрее (кривая 2, рис.2). При этом минимальный уровень температуры на градус больше.

Характер изменения T не меняется и при $Q = 35,7$ Дж/г (кривая 3, рис.2). Лишь сокращаются перепад температур и временной отрезок, на котором наблюдается снижение T .

При умеренных скоростях нагрева ($T = 0,1$ К/с) может измениться и характер эволюции температурного поля. Если при величинах скрытой теплоты превращения 357 Дж/г и 166 Дж/г наблюдаем изменение температуры (кривые 1 и 2, рис.3), напоминающие результаты, приведенные на рис.2, то при $Q = 35,7$ Дж/г температурный максимум не обнаружен (кривая 3, рис.3). Отметим, что немонотонное изменение температуры от времени обнаруживается до глубины 0,42 мм при скорости нагрева пластины 1 К/с и теплоте превращения 357 Дж/г.

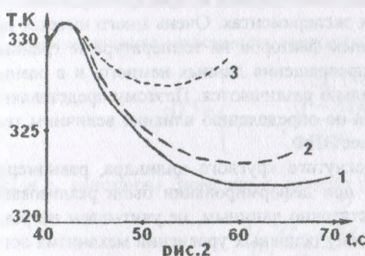


рис.2

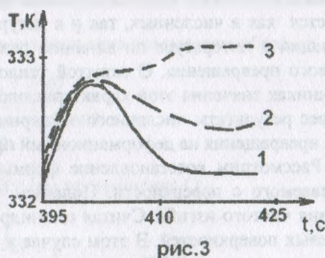


рис.3

Приведенные данные объясняются изменением температуропроводности. Начало превращения блокирует поступление тепла во внутреннюю зону пластины. При этом предшествующий нагрев привел к образованию градиента температуры по сечению пластины. Сокращение подвода тепла в приповерхностную область с поверхности и передача значительной части накопленного тепла в менее нагретые центральные слои пластины приводит к наблюдаемым изменениям T со временем.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 04-01-00406, 04-01-00653 и программы Миннауки поддержки ведущих научных школ гранты ИШ-2288.2003.

Список литературы

1. Вьюненко Ю.Н., Сырковская Л.Е. Температурная зависимость модуля упругости и эффекта памяти формы. В кн.: Механика прочности материалов с новыми функциональными свойствами. Рубежное, 1990, с.159-161.
2. Yu.N.Vyunenko, L.F.Vyunenko. Residual stresses mechanism of SME. Theory and simulation. J.Phys. IV Franse, 2003, v.112, p.235-238
3. Ю.Н.Вьюненко Иницирование деформационных процессов ЭПФ дисбалансом внутренних напряжений. Вестник ТГУ, т.8, вып. 4, 2003, с.561-562.