

ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ СООТНОШЕНИЯ ДЛЯ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ6 В РЕЖИМЕ СВЕРХПЛАСТИЧНОСТИ

А.Х. Ахунова, С.В. Дмитриев

Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, г. Уфа, Россия

Введение

Для моделирования пластического течения материала необходима правильная постановка и решение краевой задачи, которая включает в себя дифференциальные уравнения механики сплошной среды, граничные и начальные условия, а также определяющие соотношения (ОС), характеризующие свойства материала. Одним из наиболее важных моментов при постановке краевой задачи является описание поведения материала, т.е. задание закона связи между напряжением и деформацией. Широко применяемые в настоящее время пакеты прикладных программ, такие как ANSYS, DYNA, ABAQUS, DEFORM и др., уже содержат ряд ОС, описывающих упруговязкопластическое поведение различных материалов, которые могут быть использованы при моделировании различных технологических процессов. Как правило, рекомендации по выбору ОС для решения конкретных технологических задач, отсутствуют. Поэтому перед пользователем стоит проблема выбора того соотношения, которое адекватно описывает поведение материала в исследуемом процессе, а также задача подбора параметров этих ОС.

В этой связи в настоящей работе представлен сравнительный анализ применимости различных определяющих соотношений, входящих в стандартную библиотеку программного продукта ANSYS10.0 (учебная версия), для описания реологического поведения плоских образцов из титанового сплава ВТ6, подвергнутых одноосному растяжению.

Сравнивались соотношения Пэжина (Perzyna)

$$\sigma = \sigma_0 \left[1 + \left(\frac{\dot{\xi}}{\gamma} \right)^m \right], \quad (1)$$

и Пайэrsa (Percse)

$$\sigma = \sigma_0 \left[1 + \frac{\dot{\xi}}{\gamma} \right]^m, \quad (2)$$

где σ - напряжение пластического течения материала, $\dot{\xi}$ - скорость деформации, m - па-

раметр скоростной чувствительности, γ - параметр вязкости материала, σ_0 - напряжение течения материала (является функцией степени деформации e_i , что позволяет описывать изотропное упрочнение материала).

Экспериментальные исследования

Экспериментальные исследования зависимости напряжений течения от скорости деформации проводили для титанового сплава ВТ6, прошедшего деформационно-термическую обработку, для образцов с размерами рабочей части 20×5×1,6 мм. Механические испытания выполняли на универсальном динамометре фирмы «Instron» (модели 1185) в изотермических условиях при выбранной оптимальной температуре $T = 900^\circ\text{C}$ и в интервале скоростей деформации $\dot{\xi} = 1 \times 10^{-4} \div 5 \times 10^{-2} \text{ c}^{-1}$.

Параметры в анализируемых уравнениях определялись аппроксимацией экспериментальных данных в программной среде SigmaPlot 2001 (демонстрационная версия). Значения параметров в ОС приведены в табл. 1. Зависимость $\sigma = f(e_i)$ в соотношении Пэжина представлена в табл. 2.

Таблица 1 - Значения параметров ОС П. Пэжина и Пайэrsa

Название модели	Название параметров	Значения параметров
Модель Пэжина	γ	6,2130e-8
	m	0,2297
Модель Пайэrsa	γ	1,0466e-6
	m	0,2134

Таблица 2 – Зависимость $\sigma = f(e_i)$

σ	0,08	0,09	0,11	0,13	0,15	0,21	0,27	0,33	0,41	0,6
σ_0 (ОС Пэжина)	0,97	1,12	1,22	1,28	1,32	1,31	1,37	1,42	1,42	1,42
σ_0 (ОС Пайэrsa)	2,31	2,67	2,90	3,06	3,13	3,13	3,26	3,39	3,39	3,39

Численное моделирование процесса одноосного растяжения плоского образца в среде конечно-элементного пакета ANSYS10.0 проводилось в двухмерной постановке. Решалась задача со следующими допущениями: деформация образца - одноосное растяжение; деформационное упрочнение материала - изотропное, пластическое течение материала описывалось ОС Пэжина и Пайэrsa, с экспериментально найденными значениями параметров, приведенными в табл. 1 - 2.

С целью снижения времени счета учитывалась двойная симметрия образца, и в расчете принималась во внимание $\frac{1}{4}$ его часть.

В процессе моделирования образец, с геометрией, повторяющей экспериментальные образцы, подвергался деформированию до степени деформации 0,6 при температуре 900 С и скоростях деформации в интервале $\dot{\xi} = 1 \times 10^{-4} \div 1 \times 10^{-2} \text{ с}^{-1}$.

В результате выполненного численного моделирования процесса растяжения плоско-

го образца были получены зависимости интенсивности напряжений от интенсивности деформации. Сравнение результатов моделирования с использованием ОС Пэжина и Пайэrsa существенных различий между ними не показало. Для обоих случаев характерна следующая закономерность: по мере увеличения скорости деформации происходит снижение значений интенсивности напряжений (относительная погрешность не более 8%), однако участок, отвечающий за пластическую деформацию, остается параллельным участку на экспериментальной зависимости, т. е. повторяется вид исходной кривой.

Полученные в работе результаты позволяют сделать вывод о том, что ОС Пэжина и Пайэrsa могут быть использованы при моделировании механического поведения сплава ВТ6 в режиме сверхпластичности с использованием модели упруговязкопластического материала.