

УДК 621.983.3

**УЧЁТ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКСИДНОЙ ПЛЁНКИ В ПРОЦЕССЕ  
ДЕФОРМАЦИИ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ ОБРАЗЦА  
ИЗ СПЛАВА АД1**

Ледяев М. Е., Воронин С. В.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика  
С. П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Известно, что алюминий и его сплавы очень широко используются во всех отраслях промышленности. Одним из его свойств является способность активно реагировать с кислородом, образуя на своей поверхности плотную, твёрдую оксидную плёнку. Однако доля оксидной плёнки в компактном материале (без пор) очень мала, поэтому при инженерных расчетах её, чаще всего, не учитывают. На сегодняшний день, благодаря высоким удельным механическим свойствам, находит применение пористый алюминий, в котором за счёт присутствия пор доля оксидной плёнки увеличивается и игнорировать её наличие некорректно. Поэтому целью данной работы было выявить влияние оксидной плёнки в поре на деформационное поведение конечно-элементной модели образца из сплава АД1.

Конечно-элементная модель описывала упорядоченную пористую структуру с квадратным расположением пор. Оксидная плёнка моделировалась на внутренней поверхности пор, диаметр которых был равен 10 мкм. Толщина плёнки составляла 0,1 мкм. Конечным элементам, моделирующим плёнку, задавались механические свойства оксида алюминия ( $Al_2O_3$ ), а остальным конечным элементам задавались свойства алюминиевого сплава АД1. Данная модель подвергалась одноосному растяжению с усилием, вызывающим в образце напряжения в 50 МПа, что превосходит предел текучести, но не превышает предел прочности для исследуемого сплава. В процессе пластической деформации пористого образца оксидная плёнка разрушается, однако из-за быстрой реакции с кислородом способна образовываться вновь. Поэтому в данном исследовании учитывалось не только наличие оксидной плёнки в порах, но и её разрушение и восстановление. Для моделирования эффекта разрушения и восстановления оксидной пленки нами выбирались элементы, напряжения в которых превышали заданный предел прочности для оксидной плёнки в определенный момент деформации. Далее напряжения в этих элементах приравнивались к нулю. Затем анализ продолжался с момента деформации, на котором производилось обнуление напряжений. Благодаря этому нами получена возможность моделировать восстановление оксидной плёнки с сохранением ранее накопленной пластической деформации и остаточных напряжений в теле образца материала.

Для определения влияния оксидной пленки на деформационное поведение конечно-элементной модели пористого образца из сплава АД1 был построен ряд моделей с аналогичными геометрическими размерами и механическими свойствами. Первая модель представляла собой образец из компактного материала. Вторая модель – многопористый образец с упорядоченным квадратно-гнездовым расположением пор диаметром 10 мкм, не имеющих на поверхности оксидной плёнки. К данным моделям также прикладывались растягивающие напряжения, равные 50 МПа.

В результате исследований были получены эпюры распределения напряжений и деформаций, диаграммы растяжения. Анализ полученных результатов позволил установить необходимость учёта не только наличия оксидной плёнки в порах, но и её поведение в процессе деформации. Также установлено, что наличие оксидной пленки оказывает влияние на механические свойства материала.