УДК 539.3

DOI: 10.17223/00213411/63/5/10

*Р.Р. БАЛОХОНОВ¹, В.А. РОМАНОВА¹, М.В. СЕРГЕЕВ¹, Е.С. ЕМЕЛЬЯНОВА¹, Е.М. ДЫМНИЧ¹,
А.В. ЗЕМЛЯНОВ², М.А. ПИСАРЕВ², Е.П. ЕВТУШЕНКО¹*

ВЛИЯНИЕ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ НА ДИНАМИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ И ХАРАКТЕР РАЗРУШЕНИЯ МАТЕРИАЛА В РАЗЛИЧНЫХ ЗОНАХ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА *

Исследованы процессы локализации деформации и разрушения в ядре и зоне термомеханического влияния сварного шва сплава Al6061-T6, полученного трением с перемешиванием. Динамические краевые задачи решались численно методом конечных разностей. Разработаны процедура генерации упорядоченных и неупорядоченных поликристаллических структур, экспериментально наблюдаемых в различных зонах шва, а также физически обоснованное релаксационное определяющее уравнение для описания динамической термомеханической реакции алюминиевого сплава. Проведены расчеты растяжения поликристаллов. Исследовано влияние степени упорядоченности структуры и скорости деформирования на характер разрушения и прочность материала.

Ключевые слова: сварка трением с перемешиванием, механика сред со структурой, численное моделирование, поликристаллы, локализация пластической деформации, разрушение.

Введение

Известно, что границы раздела играют важную роль в локализации пластической деформации и разрушении поликристаллических материалов. Структурная неоднородность ярко выражена в металлах со сварными соединениями, характеризующимися четкими границами раздела между ядром шва и зонами термомеханического влияния (ЗТМВ). Одним из перспективных методов соединения металлов является сварка трением с перемешиванием (СТП), демонстрирующая ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами сварки [1, 2]. Среди достоинств СТП – отсутствие горячих трещин и низкая пористость, возможность соединения разнородных материалов относительно толстых металлических листов с использованием минимального количества предварительных операций, а также экологическая безопасность. СТП осуществляется следующим образом. Вращающийся инструмент сложной геометрии внедряется в стыковое соединение между двумя металлическими листами, прижимается и движется вдоль стыка листов, обеспечивая неразъемное соединение за счет механического перемешивания материала вблизи кромок листов. Такой процесс позволяет избежать плавления перемешиваемых металлов и соединять материалы, которые трудно или даже невозможно сваривать без потери функциональных свойств. В частности, к таким материалам относятся дисперсно-упрочненные алюминиевые сплавы, которые широко используются в автомобильной, авиационной и других отраслях промышленности благодаря высокой удельной прочности.

Несмотря на уже широкое внедрение СТП-технологий, механизмы деформации и разрушения материала в зоне сварного соединения и прилегающих областях до сих пор до конца не ясны. На сегодняшний день не существует единой научно-обоснованной теории формирования СТП-соединений, особенно при использовании сплавов различных марок и разнородных металлов. Остаются дискуссионными проблемы прочности и долговечности элементов сварных конструкций. Как результат, для каждого конкретного сочетания материалов и типов соединений необходимо проводить затратные научные исследования и эксперименты на механические испытания для оптимизации режимов сварки. Отсутствие научно-обоснованных общих принципов вызывает постоянный спрос на научные исследования в данной области. Большинство российских и зарубежных работ посвящено экспериментальным исследованиям, направленным на оптимизацию режимов СТП для различных типов соединений, исследованию микроструктуры и механических свойств материала в зонах соединений [1–10]. Теоретических и численных исследований значительно меньше и посвящены они в основном моделированию самого процесса сварки, распределению полей скоростей и температуры вокруг вращающегося элемента [11–16], а также микроструктур-

* Работа выполнена в рамках госзадания ИФПМ СО РАН, проект III.23.1.1.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>