

Рассмотрена плоская модель деформационного состояния бесконечной и конечной пластины, содержащей участок заданной ширины из другого материала (припоя) в условиях локального нагрева. Записана полная система уравнений, включающая уравнение теплопроводности, уравнение равновесия для термоупругих напряжений, кинетики дислокаций и микротрещин и граничные условия. Уравнение равновесия записывалось для эффективных напряжений, состоящих из термоупругих и внутренних напряжений, создаваемых неизвестной плотностью дислокаций. Локальный нагрев представлял собой участок пластины заданной толщины, в котором задавалась постоянная мощность тепловыделения. В процессе отжига плотность дислокаций менялась от заданной начальной вследствие процессов полигонизации, переползания и аннигиляции дислокаций. Уравнение кинетики дислокаций включало следующие слагаемые: плотность термоактивационных источников дислокаций; член, описывающий взаимную аннигиляцию дислокаций в приближении среднего времени аннигиляции; диффузионный член, описывающий неоднородное распределение дислокаций. Скорость дислокаций контролировалась термоактивационными механизмами скольжения и переползания. Были заданы граничные условия третьего рода. Проведено численное исследование системы уравнений методом конечных разностей. Построены решения для плотности дислокаций в зависимости от времени и координаты вдоль пластины. Установлено, что при определенных условиях возникают периодические пространственные решения, описывающие процесс полигонизации и образования ячеистой структуры. Построены фазовые траектории, бифуркационные и фазовые диаграммы типов решений. Проведен анализ влияния соотношения коэффициентов теплового расширения и ширины припоя и пластины на плотность дислокаций. Установлено, что с уменьшением толщины припоя и коэффициента теплового расширения плотность дислокаций снижается.

В процессе отжига элементов микроэлектроники важную роль играют внутренние напряжения. Численно исследованы поля внутренних напряжений, созданных полученными плотностями дислокаций в зависимости от времени и координаты. Записаны выражения для полей внутренних напряжений при континуальном и дискретном распределении с учетом действия сил зеркальных изображений от границ раздела и дислокационных реакций. Проведено численное моделирование полей напряжений в микроскопической пленке для различных видов распределения дислокаций, полученных при решении системы уравнений, описанной выше.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ДИСЛОКАЦИОННОЙ СУБСТРУКТУРЫ ПРИ ДЕЙСТВИИ НА ПОВЕРХНОСТЬ РАСПЛАВОМ**

**Емалетдянов А. К., Хамидуллин И. Н.**

*Уфимский государственный институт сервиса, г. Уфа, Россия,*

[emaletd@mail.ru](mailto:emaletd@mail.ru)

Процесс сварки, обусловленный местным сплавлением соединяемых частей изделия или совместным их пластическим деформированием, сопровождается изменением структуры и свойств в зоне соединения и возникновением поля остаточных напряже-

ний. В термической зоне образуются различные виды дислокационной субструктуры: полигональное, сетчатое, ячеистое, полосовое и фрагментированное распределение, которые и определяют внутренние напряжения и физико-механические свойства сварного соединения.

Рассмотрена плоская модель деформационного состояния бесконечной полупластины, торец которой подвергается нагреву до температуры припоя в процессе сварки, а затем охлаждению с заданной скоростью. Записана полная система уравнений в полупластине, включающая уравнение теплопроводности, уравнение равновесия для термоупругих напряжений, кинетики дислокаций и микротрещин и граничные условия. Уравнение равновесия записывалось для эффективных напряжений, состоящих из термоупругих и внутренних напряжений, создаваемых неизвестной плотностью дислокаций и микротрещин. Скорость зарождения дислокаций и микротрещин описывается термофлуктуационными источниками, плотность которых пропорциональна плотности дислокаций. Зарождение микротрещин происходит, когда плотность дислокаций превышает критическое значение. Задана начальная плотность дислокаций. Проведено численное исследование системы уравнений. Построены решения для плотности дислокаций и микротрещин в зависимости от времени и координаты вдоль пластины. Проведен анализ влияния величины температуры и скорости охлаждения торцевой поверхности на плотность дислокаций и микротрещин, зародившихся в пластине. В процессе нагрева и последующего охлаждения плотность дислокаций менялась от заданной начальной вследствие процессов полигонизации, переползания и аннигиляции дислокаций. Уравнение кинетики дислокаций и микротрещин включало следующие слагаемые: плотность термоактивационных источников дислокаций и микротрещин, член, описывающий взаимную аннигиляцию дислокаций в приближении среднего времени аннигиляции, диффузионный член, описывающий неоднородное распределение дислокаций. Скорость дислокаций контролировалась термоактивационными механизмами скопления и переползания. Были заданы граничные условия третьего рода. Проведено численное исследование системы уравнений методом конечных разностей. Построены решения для плотности дислокаций и микротрещин в зависимости от времени и координаты вдоль пластины. Установлено, что при определенных условиях возникают периодические пространственные решения, описывающие процесс полигонизации и образования ячеистой структуры. Построены фазовые траектории, бифуркационные и фазовые диаграммы типов решений. Получено, что в зависимости от начальной температуры и скорости охлаждения могут возникать последовательности типов решений: однородные, одномодовые периодические в пространстве, квазипериодические, хаотические. Переход между структурами происходит при превышении критических значений плотности дислокаций и температуры. Получены оценки периода ячеек, линий бифуркации волновых решений в зависимости от критических значений параметров. Показано, что для возникновения ячеистой структуры существует минимальная толщина пластины.