

ВЛИЯНИЕ УПРУГОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДИСЛОКАЦИЙ С ПОРАМИ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ РАЗРУШЕНИЮ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ильющенко А. Ф., Киреев П. Н., Севастьянов Е. С.

ИПМ НАНБ, Минск, РБ, alexil@srpmi.belpak.minsk.by

Механическое разрушение изделий, полученных методами порошковой металлургии, в основном контролируется двумя типами дефектов кристаллической решетки – порами и дислокациями. Особенно опасными с точки зрения внезапного разрушения спеченных порошковых стальных материалов являются поверхностные поры.

Исследование упругого взаимодействия дислокаций с поверхностными порами было выполнено с использованием методов теории функции комплексного переменного. С этой целью известное решение о взаимодействии двух прямолинейных винтовых дислокаций с трещиной конечной длины в бесконечном теле при деформации продольного сдвига с помощью метода комплексных функций было преобразовано на случай взаимодействия прямолинейной винтовой дислокации с поверхностной порой полуэллиптической формы с полуосями m и l в полубесконечном теле.

Получены основные решения задачи о поверхностной поре с дислокациями, которые описывают силовые и энергетические характеристики разрушения порошковых материалов в функции соотношения m/l и величины напряжения τ . Зависимость удельной энергии разрушения G_{III} от расстояния от дислокации описывается немонотонной кривой с точками максимума, минимума и точками перегиба. Положение и абсолютные значения максимумов также определяется величиной m/l . На кривой зависимости G_{III} от расстояния от дислокации имеется метастабильное положение, в котором $G_{III} = 0$.

Анализ энергетике в концевой области поры при антиплоской деформации с учетом сил Пайерлса–Набарро показывает, что вблизи вершины поры на ее продолжении дислокации образуют пластическую зону, отделенную от края поры перемычкой упруго деформировавшегося материала. Поле напряжения образовавшейся в окрестности поры дислокации создает концентрацию напряжений в ее вершине. Коэффициент интенсивности напряжений для данных условий нагружения от каждой дислокации пропорционален $-\mu b$ (где μ – модуль сдвига, b – вектор Бюргера дислокации) и является функцией отношения m/l . Образование в области вершины поры облаков или скоплений дислокаций экранирует пору от поля внешнего напряжения. Степень экранирования или уровень достигаемой вязкости определяется суммарным вектором Бюргера V элементарных дислокаций. Вязкость разрушения порошкового материала тем выше, чем выше степень экранирования дислокациями, т.е. чем выше экранирующий заряд V .

Построены графики изолиний равных коэффициентов интенсивности напряжений, генерируемых дислокациями в окрестности поры, которые имеют форму кардиоиды. Расчеты показывают, что при плотности дислокаций в вершине поры 10 см^{-2} коэффициент интенсивности при этом уменьшается в результате экранирования на величину, сравнимую с вязкостью углеродистых сталей.

В ИПМ НАНБ на основании проведенных исследований разработана упрочняющая обработка изделий из порошковых среднелегированных сталей, обеспечивающая повышение прочностных характеристик, главным образом прочности на изгиб, что важно для тяжело нагруженных деталей (зубчатых колес, кулачков и т.д.), в среднем на 15–20%.