

01;05

Динамические особенности кинетики пластической деформации поликристаллов

© В.В. Осташев, О.Д. Шевченко

Псковский политехнический институт

Поступило в Редакцию 23 января 1998 г.

Методами спектрального анализа локальных пластических деформаций в поликристаллической меди на трех структурных уровнях показано, что тенденция к синхронизации является общей динамической особенностью кинетики пластической деформации и мерой самоорганизации, развития, устойчивости и разрушения диссипативных структур в деформируемых поликристаллах. Эффект синхронизации непосредственно связан с характеристиками прочности и пластичности.

В общем случае деформируемый поликристаллический материал рассматривается как многоуровневая иерархическая диссипативная система, которая путем самоорганизации релаксационных потоков деформационных дефектов, за счет возникновения трансляционно-ротационных вихрей определяет волновой характер развития деформаций в поликристаллах. При этом эволюция диссипативных структур содержит общие признаки — синхронизацию, стохастичность, самоорганизацию, которые проявляются как форма организации механических свойств и как форма управления механическими свойствами [1].

Методика исследования, описанная в работе [2], основана на методе делительных сеток. Она позволяет:

- автоматизированное измерение полей смещений по координатам X и Y с точностью не менее 2%;
- компьютерный расчет составляющих тензора деформаций и поворотов, спектральных характеристик локальных пластических деформаций, расчет диссипативных структур, фазовых и бифуркационных диаграмм, статистических многоуровневых взаимодействий.

Процесс пластической деформации представляется физической моделью, в которой размер анализируемой ячейки делительной сетки явля-

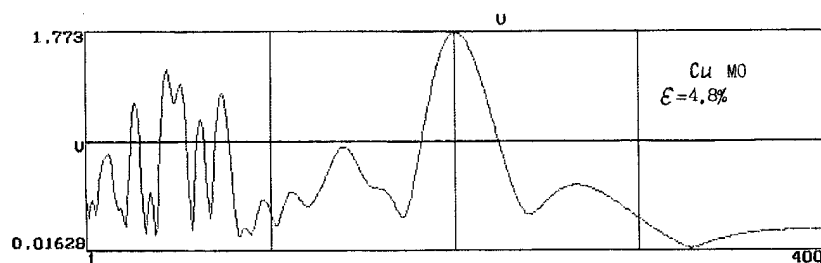


Рис. 1. Пример спектрального анализа локальных пластических деформаций CuMO для $\varepsilon = 4.8\%$.

ется образом деформационного дефекта данного структурного уровня. При этом рассматривается:

1. Макроуровень — уровень осредненного описания, охватывающий образец в целом.
2. Кооперативные процессы на уровне ансамбля зерен — делительная сетка с размером ячейки $120 \mu\text{m}$.
3. Межзеренные пластические деформации — ячейка $60 \mu\text{m}$.
4. Явления, определяемые внутривзеренной деформацией, — ячейка $20 \mu\text{m}$.

Особенности развития пластической деформации при статическом растяжении поликристаллической меди МО исследовались в условиях факторного эксперимента. В зависимости от значения факторов — скорость деформации $(1 \div 5) \cdot 10^{-3} \text{ 1/s}$, податливость системы нагружения $0.1 \div 0.05 \text{ mm/kg}$, рабочая длина образца $20 \div 60 \text{ mm}$, величина зерна $50 \div 350 \mu\text{m}$ — получены различные комбинации характеристик прочности и пластичности, отличающиеся почти в два раза. Важнейшей чертой кинетики пластических деформаций на локальных структурных уровнях является их осциллирующий характер, зависящий от условий деформации. Внутренняя структура процесса накопления линейных, сдвиговых и поворотных мод деформации на трех структурных уровнях описывается набором периодограмм. Пример периодограмм, рассчитанный по 400 точкам для окна периодов $200 \div 6000 \mu\text{m}$ линейной деформации $\varepsilon_{xx} = 4.8\%$, представлен на рис. 1. Каждая периодограмма характеризует количество гармонических составляющих определенной длины волны, амплитуды и фазы в спектре соответствующей деформации.

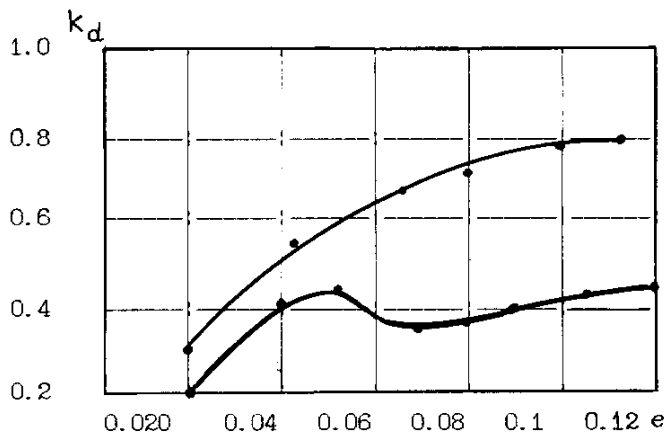


Рис. 2. Зависимость коэффициента синхронизации от степени деформации: 1 — образец с максимальной пластичностью; 2 — образец с максимальной прочностью.

Анализ периодограмм показывает, что с увеличением степени деформации в спектре увеличивается количество гармоник, весь спектр смещается в длинноволновую область и происходит синхронизация частот как во времени, так и в пространстве (уровни 4–3–2). Следуя работе [3], под синхронизацией мы понимаем наиболее общий случай, когда определенные частотные соотношения устанавливаются в результате взаимодействия объектов, рассматриваемых как равноправные. Интенсивность синхронизации характеризует коэффициент синхронизации, равный отношению числа подстроившихся частот к общему количеству анализируемых гармоник спектра. Во всех случаях определяем частотную синхронизацию предыдущих деформаций по отношению к конечной. Синхронизация, как правило, начинается в коротковолновой области и последовательно смещается в длинноволновую. Максимальная синхронизация для всех мод деформации, монотонно нарастающая с увеличением степени деформации, наблюдается для образцов с максимальной пластичностью. Вид зависимости для образцов с максимальной прочностью не носит выраженный характер (рис. 2).

Связь процессов синхронизации и механических характеристик позволяет сделать выводы:

— если принять, что каждый максимум периодограммы соответствует определенному структурному каналу релаксации напряжений, то синхронизация гармоник спектра может быть определена как устойчивость во взаимодействующих подсистемах на каждом структурном уровне;

— при определенных условиях нагружения в материале образуются синхронные кластеры — объединение синхронно работающих деформационных дефектов; и чем больше гармоник задействовано в работе такого кластера, чем больше масштабных уровней он охватывает, тем эффективнее происходят релаксационные процессы на мезоуровне, тем выше общая пластичность материала;

— синхронизация, по-видимому, представляет одну из форм самоорганизации, развития, устойчивости и распада диссипативных структур в деформируемых поликристаллах.

Список литературы

- [1] Панин В.Е., Гриняев Ю.В., Данилов В.И. Структурные уровни пластической деформации и разрушения. Новосибирск: Наука. 1990. 255 с.
- [2] Осташев В.В., Самаркин А.Д., Шевченко О.Д. Научные ведомости БГПУ. Белгород. 1996. С. 72–76.
- [3] Блехман И.И. Синхронизация в природе и в технике. М.: Наука, 1981. 351 с.