

АКУСТИЧЕСКАЯ ЭМИССИЯ ПРИ СТАТИЧЕСКОМ РАСТЯЖЕНИИ СВИНЦА

Салита Д.С., Поляков В.В.

Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия
e-mail: d.s.salita@gmail.com

Исследование акустической эмиссии в свинце и сплавах на его основе представляет существенный интерес в связи с тем, что низкая температура плавления этих материалов приводит к появлению уже при комнатной температуре деформационных процессов, характерных для большинства металлов и сплавов при высоких температурах. Это делает материалы на основе свинца удобными модельными объектами для выявления закономерностей акустического излучения, возникающего во внешних механических полях при локальной перестройке структуры. Кроме того, в последние годы свинцовые сплавы получили новое применение в ряде изделий компьютерной техники, что также делает актуальным более подробное исследование их механических свойств и деформационного поведения. Закономерности пластической деформации ряда свинцовых сплавов с различной структурой и химическим составом были изучены в работах В.Е. Панина и Н.Ф. Елсуковой с сотрудниками [1-3]. В то же время в силу специфических сложностей, возникающих при нагружении свинца и анализе его микроструктуры, систематическое изучение особенностей акустической эмиссии при пластической деформации и разрушении этого материала практически не проводилось.

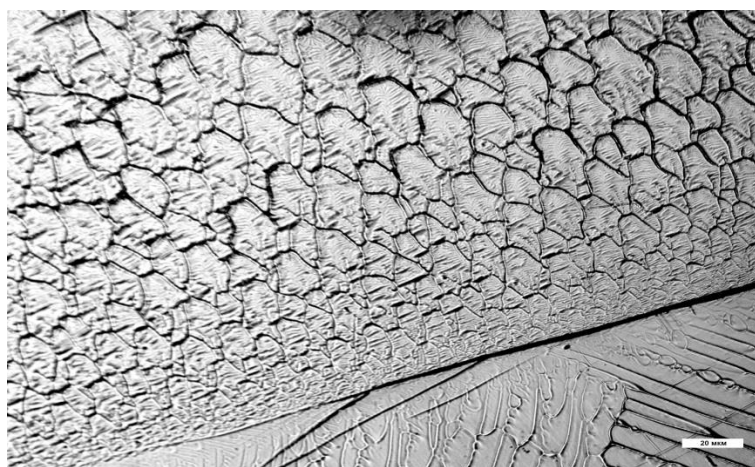


Рис. 1. Деформационная структура свинцового образца.(x2300)

В настоящей работе в качестве материалов для испытаний применялись свинцовые образцы, полученные путем рекристаллизации из расплава при различных температурных режимах с последующим отжигом. Это приводило к формированию различной дендритной структуры в поверхностных слоях материала и разной зеренной структурой в объеме образцов, различавшейся прежде всего средним размером зерен. Эта величина в зависимости от предшествующей термообработки для разных групп образцов изменялась от 3 мкм до 30 мкм. Параметры микроструктуры контролировались количественно с помощью оптической микроскопии. Типичная микрофотография для полученных образцов приведена на рис. 1.

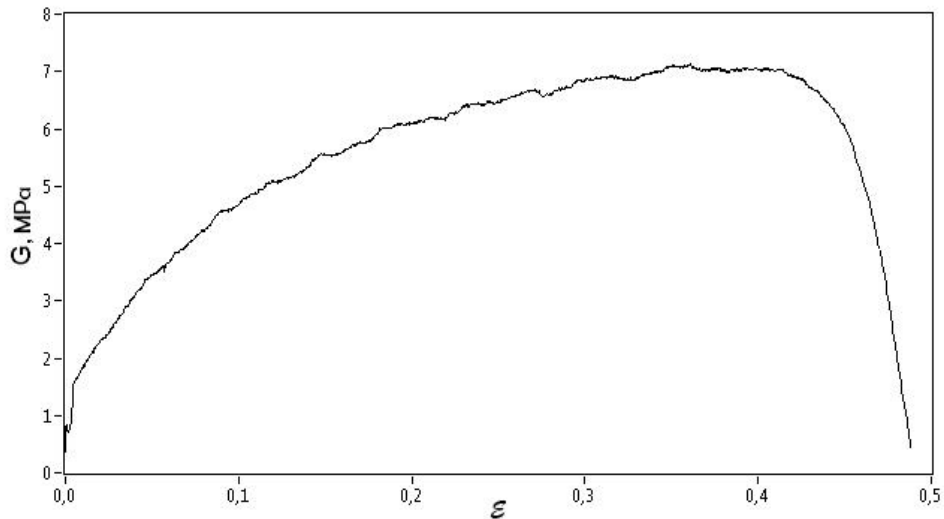


Рис. 2. Кривая деформационного упрочнения свинцового сплава.

Приготовленные образцы подвергались статическому растяжению с постоянной скоростью деформирования («по «жесткой» схеме нагружения») на установке механических испытаний. Образцы имели стандартную плоскую форму для испытаний на статическое растяжение, размер рабочей части составлял 50x10x10 мм. Размер поверхностных слоев с дендритной структурой достигал порядка 1 мм. В процессе нагружения регистрировались приложенная нагрузка F и абсолютная деформация Δl в интервале деформаций вплоть до разрушения. По значениям F и Δl рассчитывались условные напряжения σ и условные относительные деформации ε . Типичная кривая деформационного упрочнения для свинцового образца приведена на рис. 2.

Одновременно с измерениями механических параметров проводились акустико-эмиссионные измерения. Акустико-эмиссионные сигналы регистрировались на автоматизированной установке с частотой дискретизации 2,5 МГц в частотном интервале от 50 до 500 кГц. В качестве параметров, характеризующих акустические сигналы, использовались среднеквадратичные значения напряжения акустической эмиссии U и скорость счета акустической эмиссии \dot{N} . Последняя величина монотонно связана с интенсивностью потока актов акустической эмиссии, которая, в свою очередь, удобна для физического анализа процессов локальной перестройки структуры (в частности, она с помощью теоретических моделей может быть связана с коэффициентами интенсивности напряжений, с параметрами трещин и т.д. [6-8]).

Полученные экспериментальные кривые акустической эмиссии в зависимости от величины деформации приведены на рис. 3 для зависимости \dot{N} от деформации ε и на рис. 4 для зависимости U от логарифма деформации $\ln \varepsilon$. Вид начального участка кривых связан с ранним формированием предела текучести. Сами акустико-эмиссионные кривые имеют осциллирующий вид, при этом амплитуда отдельных осцилляций при переходе к интенсивному пластическому течению спадает. Как следует из рис. 3 и рис. 4, акустико-эмиссионные данные позволяют выделить отдельные области пластической деформации, качественно различающиеся видом акустико-эмиссионных сигналов. Очевидно, это различие обусловлено доминированием на той или иной стадии деформационного упрочнения разных механизмов пластической деформации.[4] Кроме того, было также установлено, что для образцов с разными средними размерами зерен акустико-эмиссионные кривые отличаются по виду и амплитуде сигналов.

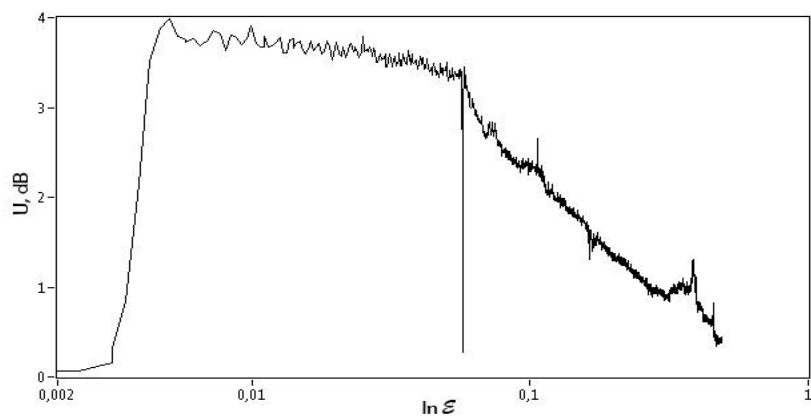


Рис. 3. Среднеквадратичное значение акустической эмиссии при растяжении свинца.

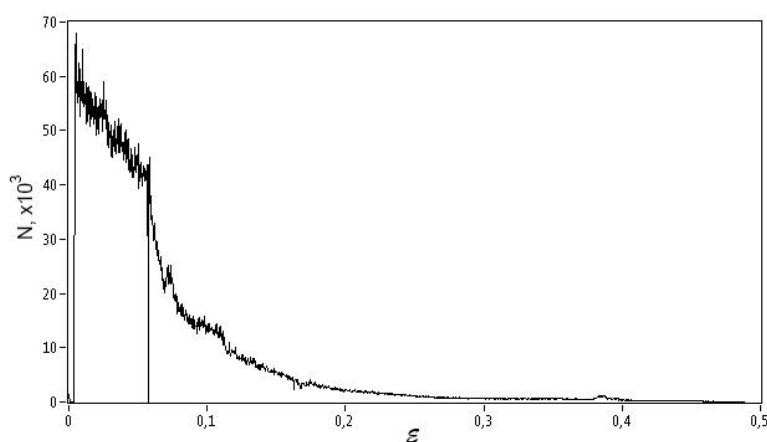


Рис. 4. Скорость счета акустической эмиссии при растяжении свинца.

Выявленное поведение акустико-эмиссионных характеристик должно быть связано с одновременным действием различных физических процессов, протекающих как внутри зерен, так и по их границам, при этом вклад зернограницных процессов может оказаться достаточно значительным. Кроме того, на стадии предразрушения может проявиться то обстоятельство, что поверхностные участки образцов имели дендритную структуру, локальная перестройка которой происходила иначе, чем в объеме материала.[9]

Полученные результаты могут быть использованы при исследовании и диагностике деформационного поведения материалов и изделий, изготовленных на основе свинца и свинцовых сплавов.

Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №17-08-00914.

Литература

1. Панин В.Е., Егорушкин В.Е., Елсукова Т.Ф. Физическая мезомеханика зернограницного скольжения в деформируемом поликристалл. // Физическая мезомеханика. 2011. - Т.14. С.15-22..
2. Панин В.Е., Елсукова Т.Ф., Панин А.В., Кузина О.Ю., Кузнецов П.В. Мезоскопические структурные уровни деформации в поверхностных слоях и характер усталостного разрушения поликристаллов при знакопеременном изгибе.

Часть I. Мезоскопическая субструктура // Физическая мезомеханика. 2004. - Т.7. С.45-50.

3. Елсукова Т.Ф., Новоселова Е.М., Караваева В.В., Ангелова Г.В. Стадии высокотемпературной ползучести поликристаллов свинца как эволюция структурных уровней пластической деформации // Физическая мезомеханика. 2000. - Т.3. С.91-99.

4. Буйло С.И. Физико-механические и статистические аспекты повышения достоверности результатов акустико-эмиссионного контроля и диагностики. Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2008. 192 с.

5. Егоров А.В., Поляков В.В. Применение метода акустической эмиссии к исследованию деформационного поведения структурно-неоднородных материалов. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2008. 120 с.

6. Поляков В.В., Егоров А.В., Салита Д.С., Колубаев Е.А. Методы диагностики сварных соединений в алюминиевых сплавах. Часть 2. Акустическая эмиссия. // Известия АлтГУ. 2015. №1/1. // Известия АлтГУ. 2015. №1/1.

7. Lependin A.A., Polyakov V.V., Egorov A.V. Some statistical parameters of acoustic emission signals in porous iron under static loading. 13th International Conference on Fracture. Beijing, China, June 16-21, 2013. Beijing, China. Vol. 5. Pp. 3524-3528.

8. Поляков В.В., Егоров А.В., Салита Д.С., Колубаев Е.А. Физические методы диагностики сварных соединений в алюминиевых сплавах. Часть 2. Акустическая эмиссия. // Известия Алтайского государственного университета. - 2015. - №1 С.50-54

9. Егоров А.В., Поляков В.В. Применение метода акустической эмиссии к исследованию деформационного поведения структурно-неоднородных материалов. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2008. 120 с.