



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Алтайский государственный университет»**

пр-т Ленина, 61, г. Барнаул, 656049

Тел. (385-2) 291-291. Факс (385-2) 66-76-26

E-mail: rector@asu.ru



20.04.2021

№ 10-2-21/05/2076

на № _____

от _____

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научному и
инновационному развитию ФГБОУ
ВО «Алтайский государственный
университет» д.с.н., профессор

Максимова С.Г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

**на диссертационную работу Аглетдинова Эйнара Альбертовича
на тему «Исследование процесса деформации металлических материалов с
применением статистического подхода к анализу временных рядов акустической
эмиссии», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности
01.04.07 – Физика конденсированного состояния.**

Актуальность диссертации

Первостепенная роль дефектной подсистемы в процессах пластической деформации металлов и сплавов определяет внимание исследователей к эволюции дислокационной и двойниковой структур материала в ходе механического воздействия. Разумеется, просвечивающая электронная микроскопия позволяет подучить большой объем информации о дефектах структуры продеформированного материала, однако эта информация лишь опосредованно свидетельствует о процессах, протекающих в процессе деформирования. В этой связи поиск методов идентификации дефектов в процессе деформирования материала, то есть в реальном масштабе времени, является актуальной задачей. Среди таких методов можно выделить метод акустической эмиссии, представляющий собой явление генерирования акустических сигналов в ходе локальной перестройки структуры материала. При реализации метода первостепенным является вопрос о связи параметров акустической эмиссии с элементарными актами пластической деформации, связанными с эволюцией дефектной структуры – дислокациями, двойниками, а также микротрещины и трещины на стадии разрушения.

Природа явления АЭ обеспечивает принципиальную возможность тонкого и глубокого исследования процессов развития дефектной структуры материала. Однако, интегральная регистрация излучения упругих волн вызывает серьезные проблемы, связанные с выделением полезных сигналов из непрерывных внешних и аппаратных шумов и распознаванием различных одновременно действующих источников сигналов акустической эмиссии. В этой связи совершенствование методов анализа, а также разработка новых, опирающихся как на современную приборную базу, так и на современные математические подходы представляет собой также актуальную задачу.

Актуальность работы подчеркивает сформулированная цель: повышение достоверности и эффективности идентификации элементарных механизмов пластической деформации методом акустической эмиссии за счет разработки новых алгоритмов и применения новых методов анализа сигналов.

Об актуальности свидетельствует и то, что проведенные исследования были поддержаны в рамках «Государственного задания министерства образования и науки Российской Федерации». Проект 11.5281.2017/ЕЧ «Особенности и закономерности акустической эмиссии генерируемой элементарными механизмами деформации в чистых металлах с различной кристаллической решеткой и их связь с эволюцией дефектной структуры вплоть до критического состояния материала», а также грантом РФФИ № 18-08-00327.

Научная новизна полученных результатов

в целом состоит из оригинального методического подхода к оценке эволюции структурных изменений, происходящих в сплавах с ГПУ-решеткой, выполненного автором с использованием многофакторного анализа акустической эмиссии, включающий статистический, спектральный и кластерный анализ при нулевом пороге регистрации интегрального потока акустических сигналов.

Таким образом, представленная диссертационная работа обладает научной новизной, состоящей в следующем:

- Впервые установлено, что дислокационное скольжение проявляется как процесс, состоящий из случайных и независимых друг от друга элементарных актов. Хотя каждый элементарный акт скольжения включает в себя коррелированное движение большого числа атомов, многочисленные линии скольжения появляются случайно и независимо друг от друга.

- Механическое двойникование, относится к коррелированным процессам с памятью о прошлом. При этом наблюдаемые корреляции могут быть адекватно описаны моделью самовозбуждающегося процесса Хокса.

- Впервые разработана и апробирована феноменологическая модель деформационного упрочнения, управляемого взаимодействием механизмов дислокационного скольжения и механического двойникования. Модель учитывает структурные характеристики материала и точно восстанавливает деформационное поведение магния и его сплавов.

Практическая значимость

На основе проведенных теоретических и экспериментальных изысканий автором диссертации получены следующие результаты, имеющие практическое значение, в частности:

Разработаны методы статистического анализа сигналов акустической эмиссии, включающий метод детектирования, основанный на параметре эволюции источников, метод обнаружения критических переходов в сигналах АЭ, основанный на байесовской статистике, метод анализа потока событий на основе элементов теории точечных процессов, которые могут найти широкое применение в практике трактовки результатов проводимого неразрушающего контроля, а также при решении различных исследовательских задач физического материаловедения. Кроме того, предложенные методы могут быть применены для анализа сигналов иной природы, например, сейсмограмм, финансовых и экономических временных рядов, телекоммуникационных сигналов, астрономических и других данных.

Оценка достоверности результатов диссертационной работы

Достоверность и обоснованность результатов, полученных в работе, обеспечивается корректностью поставленной цели и сформулированных задач, большим объемом полученных с помощью современных приборов экспериментальных данных; сопоставлением и непротиворечивостью оригинальных теоретических и экспериментальных результатов с данными, полученными другими исследователями, имеющимися в литературе; высокой воспроизводимостью разработанных технологических приемов контроля в лабораторных и производственных условиях.

Общая характеристика диссертации

Диссертационная работа является логичным результатом систематизации большого объема экспериментальных результатов, полученных автором, прошедших апробацию в виде докладов на 9 конференциях различного уровня.

Результаты диссертации опубликованы в 18 работах, из них 6 статей в рецензируемых изданиях, входящих системы индексирования WoS и Scopus и рекомендованных ВАК РФ. Зарегистрировано 2 программы для ЭВМ, получен 1 патент РФ.

Диссертационная работа по своим целям, задачам, методам исследования, научной новизне и содержанию соответствует паспорту научной специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, выводов по работе. Работа изложена на 143 страницах машинописного текста, содержит 50 рисунков, 5 таблиц.

Замечания по диссертационной работе

1. Автор подчеркивает в первом пункте новизны, что дислокационное скольжение проявляется как процесс, состоящий из случайных и независимых друг от друга элементарных актов. Это слишком категоричное утверждение, противоречащее современным трактовкам поведения дислокационных ансамблей на разных стадиях пластической деформации, приведенных в работах Рыбина В.В., Зуева Л.Б. и др. Случайность в поведении дислокационного ансамбля можно констатировать как частный случай. В этой связи при описании пластического отклика деформируемого материала уже

нельзя представлять накопление деформации как аддитивный вклад отдельных дислокаций. Мы должны учитывать самоорганизующийся характер дислокационной подсистемы (Малыгин Г.А.), проявляющийся на разных структурных уровнях вплоть до макроскопического - в виде волн пластичности деформируемого материала.

2. В главе 3 автор осуществляет кластеризацию потока сигналов акустической эмиссии, в результате которой обнаруживает 3 кластера, связанных с разными периодами эволюции дефектной структуры деформируемого материала (Mg). Почему в главе 2 не описана процедура кластеризации? Приведенные в главе 1 общие рассуждения на эту тему не дают представления об экспериментальных манипуляциях по кластеризации.

3. Автор, осуществив кластеризацию потока сигналов акустической эмиссии (рис. 2 автореферата и рис.3,7 диссертации), связывает их с элементарными событиями на соответствующих стадиях пластической деформации (деформационного упрочнения). Но деформационный наклеп обусловлен накоплением дислокаций в структуре деформируемого материала в жесткой схеме нагружения В соответствующей литературе используется термин для описания таких дислокаций – дислокации незавершенного сдвига. Поэтому говорить об элементарных дислокационных или двойниковых актах можно очень опосредованно, опираясь на данные рис. 3.11 и 3.12.

4. Автор анализирует структуру деформационных полос на рис. 3.11 и 3.12, утверждая, что «источники сброса напряжений» независимы и поток сигналов акустической эмиссии подчиняется пуассоновскому распределению. Однако, хорошо известно, что деформационная полоса представляет собой коррелированный выход на границу раздела большого дислокационного ансамбля одной системы скольжения. Как разрешить очевидное противоречие между корреляцией в системе дислокаций и пуассоновским распределением.

5. Что за терминология у автора при описании стадий пластической деформации – «зрелая стадия». Согласно классическому подходу различают следующие стадии деформационного процесса (точнее деформационного наклепа): первая стадия (стадия легкого скольжения), вторая - линейная стадия упрочнения, третья – параболическая стадия. Согласно статьи Козлова Э.В. и Коневой Н.А. вслед за третьей стадией можно выделить и четвертую, когда заметная деформация не сопровождается упрочнением.

6. На рис. 6 автореферата и на рис. 3.7, 3.9, 3.14 диссертации автор в качестве доказательства демонстрирует вид зависимости скорости потока акустической эмиссии в виде пуассоновского потока, соответствующего функции $\lambda(\Delta t) = \exp(-\lambda\tau)$. Тогда почему левая часть зависимости на рисунках соответствует пуассоновскому процессу? Где доказательство экспоненциальной зависимости скорости потока акустической эмиссии? Это доказательство можно было осуществить логарифмированием этой зависимости, определением параметров линейной функции и сопоставлением с параметрами пуассоновской функции.

7. В четвертой главе представлена феноменологическая модель деформационного наклепа, учитывающая дислокационное скольжение и двойникование. Однако возникает вопрос о связи этой модели и механизмов акустической эмиссии. Ведь упрочнение связано с повышением плотности решеточных дислокаций и других дефектов. В модели Нацика В.Д., Мерсона Д.Л. акустический сигнал генерируется при выходе дислокаций на границу раздела.

8. На рис. 4.5 (а,б) приведены обобщающие данные по плотности дислокаций, мощности акустической эмиссии, объемной доли двойников в сопоставлении с зависимостью $\sigma - \epsilon$. Из этого представления следует вывод, что дислокационные процессы не коррелируют с акустической эмиссией. Не является ли это тем фактом, что генерирование сигналов акустической эмиссии никак не связано с дислокациями, осуществляющими незавершенный сдвиг.

Заключение

Отмеченные выше недостатки не снижают научной значимости и практической ценности работы. Рассматриваемая диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержатся значимые сведения о процессах пластической деформации металлических материалов, акустической эмиссии, сопровождающей эти процессы, многофакторном подходе при обработке потока сигналов акустической эмиссии, имеющие как научное, так и практическое значение.

Автореферат диссертации и опубликованные работы полностью отражают основные положения диссертации.

Рассмотренная диссертационная работа выполнена на высоком уровне и соответствует требованиям, предъявляемым к диссертационным работам, представляемым на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. В соответствии с «Положением о порядке присуждения ученых степеней», автор рассматриваемой диссертации, Аглетдинов Э.А., заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Даю согласие на обработку моих персональных данных и включение их в аттестационное дело Аглетдинов Э.А.

Заведующий кафедрой
общей и экспериментальной физики,
доктор физ.-мат. наук, профессор



Владимир Александрович Плотников

ПОДПИСЬ ЗАВЕДУЮЩЕГО
НАЧАЛЬНИКА ОТДЕЛА ПО РСОП
УК МОКЕРОВА ЕВ



Адрес: пр. Ленина 61, 656049, Барнаул, Россия
Телефон: (8-3852) 350968, E-mail: plotnikov@phys.asu.ru

Подпись Плотникова В.А. и его
контактную информацию удостоверяю: