

УДК 620.179.17

ББК 34.44

A437

Рецензенты:

д-р техн. наук *В.И. Иванов*;
канд. техн. наук *С.В. Елизаров*.

Редакционная коллегия:

д-р физ.-мат. наук, профессор Д.Л. Мерсон,
канд. физ.-мат. наук, Dr. Eng. А.Ю. Виноградов – отв. редакторы;
канд. техн. наук Е.В. Черняева – отв. за выпуск сборника.

A437 Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2018) : Всероссийская конференция с международным участием (Тольятти, 28 мая – 1 июня 2018 года) : сборник материалов / отв. ред. Д.Л. Мерсон, А.Ю. Виноградов. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2018. – 181 с. : обл.

В сборнике опубликованы материалы, представленные на Всероссийскую конференцию с международным участием «Актуальные проблемы метода акустической эмиссии», посвященные вопросам явления акустической эмиссии (АЭ) при пластической деформации и разрушении различных материалов; методическим вопросам регистрации и обработки акустико-эмиссионной информации; неразрушающему контролю ответственных конструкций и их элементов с помощью метода АЭ; нормативной документации и подготовке специалистов в области метода акустической эмиссии.

Предназначен для специалистов в области метода АЭ, а также для студентов и аспирантов соответствующих специальностей.

УДК 620.179.17

ББК 34.44

Проведение конференции поддержано Российским фондом фундаментальных исследований, Грант № 18-08-20035.

Рекомендовано к изданию Научно-исследовательским институтом прогрессивных технологий Тольяттинского государственного университета.

ISBN 978-5-8259-1268-4

© Мерсон Д.Л. – научный
руководитель конференции, 2018
© ФГБОУ ВО «Тольяттинский
государственный университет», 2018

СВЯЗЬ ПАРАМЕТРОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ С ОСОБЕННОСТЯМИ ИЗНОСА СТАЛИ ГАДФИЛЬДА

^{1,2,3}Лычагин Д.В., ^{1,4}Новицкая О.С., ^{2,4}Филиппов А.В.,
^{2,4}Колубаев Е.А.

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет,

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

³Томский государственный архитектурно-строительный университет,

⁴Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,

Томск, Россия

dvl-tomsk@mail.ru

Трение является сложным динамически развивающимся процессом. Важную информацию о процессах трения дают исследования деформации, протекающие в зоне трения и прилегающих областях. Для мониторинга состояния трибосопряжения используют метод акустической эмиссии (АЭ). Детальные исследования сигналов АЭ во взаимосвязи с процессами в зоне трения были выполнены авторами работ [1-3], которые установили корреляционную зависимость между сигналами акустической эмиссии, видом и количеством образующихся частиц износа [1], механизмом износа [2], состоянием поверхности трения [3]. Ранее Е.А. Колубаевым с соавторами были прослежены связи сигналов акустической эмиссии с развитием трения поликристаллической стали Гадфильда [4-6]. Несмотря на проведенные работы, многообразие процессов происходящих при трении требует проведения дополнительных экспериментальных исследований, воспроизводящих различные аспекты процесса трения и во взаимосвязи с состоянием материала при фрикционном взаимодействии. Поэтому целью работы является установление физических закономерностей деформации при сухом трении скольжения и связанных с ними параметров сигналов акустической эмиссии.

Материалом исследования служили монокристаллы стали Гадфильда. Сталь демонстрирует высокую степень деформационного упрочнения и обладает высокой износостойкостью. С целью изучения влияния кристаллографической ориентации и механизмов деформации использовали монокристаллы с ориентацией оси сжатия $[10.7.1]$ и оси трения $[3\bar{4}2]$, а так же монокристаллы с осью сжатия $[11\bar{8}]$ и осью трения $[441]$. Теоретический анализ напряжения сдвига показал, что в первом случае деформация осуществляется скольжением по плотноупакованным плоскостям, тогда как во втором случае наряду со скольжением может развиваться двойникование. Кроме этого во втором случае одна из плоскостей октаэдрического сдвига проходит под углом 45 градусов к поверхности трения и сжатия. Это оказывает влияние на отслоение приповерхностного слоя, ускоряя отделение частей материала при накоплении критической плотности дефектов и образовании микротрещин. Трение скольжения осуществляли на трибометре TRIBOtechnik по схеме «палец-диск» при комнатной температуре 25°C. Исследование параметров сигналов акустической эмиссии (АЭ) генерируемых в процессе трения скольжения осуществлялось при помощи модуля регистрации ЭЯ-2 разработки Тольяттинского государственного университета.

Исследования деформационного рельефа показали, что введение дополнительной составляющей нагружения – силы трения – определяет включение в деформацию дополнительных систем сдвига по сравнению с одноосным сжатием. Макрофрагментация рельефа определяется схемой напряженного состояния при фрикционном контакте и имеет ориентационную зависимость. Это в свою очередь определяет характер накопления деформации в поверхностном слое и градиент ее затухания по мере удаления от поверхности трения.

Прослежена взаимосвязь сигналов акустической эмиссии с процессами, происходящими в зоне трения. Показана связь огибающей сигнала акустической эмиссии с изменением коэффициента трения. На основе Fast Fourier Transform and Short Time Fourier Transform определены типичные амплитудно-частотные характеристики фреймов сигнала акустической эмиссии в области приработки трибосопряжения и в процессе установившегося трения. Прирост величины огибающей сигнала АЭ обусловлен большим числом актов деформации на стадии приработки трибосопряжения, происходящих при интенсивном формировании и разрушении контактных площадок, отделении и отрыве частиц износа. В области установившегося трения для первой ориентации монокристалла наблюдаются небольшие колебания коэффициента трения и сигнала АЭ. Явление периодических колебаний коэффициента трения связано с окислительным механизмом изнашивания образца. Равномерным накоплением деформации в слое, его разрушением и отделением мелких оксидных и металлических частиц [7].

Для второй ориентации монокристаллов выявлено четыре стадии развития процесса трения и выделены характерные для этих стадий сигналы АЭ. Выполнена оценка изменения во времени медианной частоты. Также установлена частота, на которой достигается максимальное значение мощности спектра сигнала. В результате анализа полученных данных установлено, что для этапа приработки характерными являются сигналы с невысокой амплитудой и ярко выраженным единичным всплеском – burst type signals. На этапе деформационного упрочнения происходит увеличение амплитуды сигнала и количества всплесков. Медианная частота снижается, а мощность спектра АЭ увеличивается. Установившееся трение монокристаллов стали Гадфильда, главным образом, характеризуется чередованием периодов деформационного упрочнения и износа. Прослежена связь между увеличением сдвига в системах скольжения, цикличностью размера области деформации, износом и изменением средней величины энергии сигнала акустической эмиссии. При достижении минимума глубины распространения полос скольжения происходит наиболее интенсивный износ и одновременно уменьшается высота профиля полос скольжения. Совокупное действие интенсивной деформации и частиц износа между поверхностью монокристаллов и контртелом приводит к возрастанию медианной частоты и энергии сигнала АЭ [8].

Авторы выражают благодарность Колубаеву А.В., Сизовой О.В. и Чумаевскому А.В. за обсуждение работы, Чумлякову Ю.И. за предоставление монокристаллов для исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-08-00377_а.

Список литературы

1. Haze A. et al. 2008 *Wear* **265**, 831-839.
2. Haze A. et al. 2014 *Tribol. Int.* **72**, 51-57.
3. Haze A. et al. 2009 *Journ. of Adv. Mech. Design* **3**, 4, 333-344.
4. Rubtsov V. E. et al. 2013 *Tech. Phys. Let.* **39**, 2, 223-225.
5. Kolubaev E.A. et al. 2010 *Tech. Phys. Let.* **36**, 8, 762-765.
6. Dobrynin S.A. et al. 2010 *Tech. Phys. Let.* **36**, 7, 606-609.
7. Lychagin D.V. et. al. 2016 *IOP Conf. Series: Mat. Sc. and Eng.* **142**, 012098.
8. Lychagin D.V. et. al. 2018 *Tribol. Int.* **374-375**, 5-14.