

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

INTERNATIONAL WORKSHOP

**«Multiscale Biomechanics and Tribology
of Inorganic and Organic Systems»**

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**VIII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ,
ПОСВЯЩЕННАЯ 50-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ
ИНСТИТУТА ХИМИИ НЕФТИ**

«Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа»

Томск
Издательский Дом ТГУ
2019

DOI: 10.17223/9785946218412/321

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПРИ ИНТЕНСИВНОМ ТРЕНИИ
УМЗ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ИК ТЕРМОГРАФИИ**

Филиппов А.В., Тарасов С.Ю

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

Совокупное влияние деформационных процессов и фрикционного нагрева может способствовать осуществлению различных технологических операций или быстрому катастрофическому разрушению изделий и механизмов. Положительный эффект фрикционного нагрева используется в технологии сварки трением с перемешиванием для формирования прочных неразъемных соединений из разных конструкционных материалов. Но также существуют и множество отрицательных эффектов от фрикционного нагрева. Например, в процессе торможения железнодорожного состава происходит резкий рост температуры в пределах контактных площадок. Из-за нагрева исходная перлитная рельсовая сталь трансформируется в мартенсит и образуются термически индуцированные дефекты, которые способствуют ускоренному разрушению рельса.

В связи с вышесказанным важной научно-технической задачей является определение температурного режима работы узлов трибосопряжения. Это позволит не только рационально подобрать материал, но и установить оптимальные режимы работы оборудования и машин. Для решения этой задачи требуется достоверная теоретическая и экспериментальная оценка температуры фрикционного нагрева. Наиболее современным экспериментальным методом исследования температурного поля является ИК термография. Поскольку с повышением температуры изменяется излучательная способность тела, постольку требуется тарировка оптической системы тепловизора для обеспечения точности измерений температуры в различном диапазоне. В процессе трения происходит значительный нагрев исследуемого образца и контртела. Высокие температуры могут стать причиной динамической рекристаллизации и структурно-фазовых превращений в материале. Особенно чувствительными к повышению температуры в процессе деформации являются объемные ультрамелкозернистые материалы. Формирование УМЗ структуры в материале способствует повышению его износостойкости, но температурная чувствительность может свести на нет этот эффект.

Целью работы является экспериментальное исследование температуры в условиях интенсивного трения скольжения материалов с ультрамелкозернистой структурой.

Экспериментальное исследование осуществлялось с использованием ИК тепловизора FLIC A655SC. В процессе интенсивного трения образуются продукты износа (мелкие частицы оксидов и фрагменты стружки) которые могут засорять объектив камеры и тем самым ухудшать качество изображения и искажать регистрируемые данные о температуре. Для защиты камеры от этих частиц достаточно использования простого корпуса из тонкой жести. Сложнее обеспечить защиту объектива от частиц износа. Поскольку оптическая система тепловизора работает в области ИК излучения, постольку следует применять стекла, которые пропускают излучение ИК диапазона без искажения. В настоящей работе в качестве защитного стекла использовался диск селенида цинка. ZnSe имеет пропускную способность в диапазоне from 600nm to 16µm и часто используется в приложениях ИК оптических систем, медицинской технике и мощных лазерных системах. После тарировки тепловизора осуществлялось измерение температуры в зоне трения. В качестве исследуемых образцов использовались сталь 12X18H10T, алюминиевый сплав 5052 и медь М1 с УМЗ структурой. В качестве контртел использовались закаленные диски из стали 95X18. Трение осуществлялось со скоростями 0,25, 0,5 и 1 м/с при действующем на образец нагрузке 4 МПа.

Из-за низкой теплопроводности стали происходит локализация нагрева вблизи поверхности трения. При этом держатель образца практически не нагревается. При рассматриваемых режимах трения температура вблизи зоны фрикционного контакта достигает 161°C при скорости скольжения 0,25 м/с, 270°C при 0,5 м/с и 400°C при 1 м/с. Для

Секция 6. Методы и средства неразрушающего контроля материалов и конструкций с иерархической структурой

начала рекристаллизационных процессов в рассматриваемой стали требуется температура порядка 500-550°C. Высокая теплопроводность образцов алюминиевого сплава 5052 способствует быстрому нагреву держателя. При рассматриваемых режимах трения температура вблизи зоны фрикционного контакта достигает 160°C при скорости скольжения 0,5 м/с и 185°C при 1 м/с. Полученных температур не достаточно для начала рекристаллизационных процессов в сплаве 5052 с УМЗ структурой. Для большинства сплавов системы Al-Mg требуется нагрев до температуры как минимум 200°C для начала рекристаллизационных процессов в УМЗ состоянии. Высокая теплопроводность медных образцов способствует быстрому отводу теплоты из зоны фрикционного контакта в стальной держатель. При трении со скоростью 0.5 м/с максимальная регистрируемая температура не превышает 110°C, с увеличением скорости скольжения до 1 м/с температура повышается максимум до 164°C. Наивысшая температура регистрируется вблизи зоны фрикционного контакта и монотонно уменьшается в направлении к стальному держателю. Для начала рекристаллизационных процессов в УМЗ меди достаточно 10 минут при 100°C и 3 минут при 160°C. Следовательно при выбранных условиях трения будут происходить рекристаллизационные процессы почти во всем объеме исследуемого образца.

Во всех рассмотренных случаях температура в зоне фрикционного контакта далека от температуры начала рекристаллизации крупнокристаллических, а в большинстве случаев недостаточна и для УМЗ материалов. Однако, указанные температуры характерны для начала рекристаллизации в условиях статического нагрева в печи. При интенсивной пластической деформации уже при более низких температурах обеспечивается условие достижения сверхпластичности. В свою очередь трение скольжения характеризуется развитием интенсивных деформационных процессов в приповерхностном слое материала. Эти процессы приводят к формированию ультрамелкозернистой и нанокристаллической структуры, которая является менее устойчивой по отношению к интенсивной деформации при повышенных температурах. Из вышесказанного следует, что требуется аккуратнее подходить к вопросу выбора УМЗ материалов в качестве изделий трибологического назначения.

В ходе экспериментальных исследований с применением метода ИК термографии установлено распределение температуры в зоне фрикционного контакта при интенсивном трении скольжения стали 12Х18Н10Т, алюминиевого сплава 5052 и меди М1 с УМЗ структурой. При трении материалов с высокой теплопроводностью происходит нагрев держателя, что частично поддерживает высокую температуру во всем объеме образца, а не только вблизи поверхности трения. Низкая теплопроводность стали способствует локализации температуры в приповерхностном слое материала. Выявленные температуры свидетельствуют о возможности развития рекристаллизационных процессов в условиях интенсивного трения УМЗ материалов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Российской академии наук на 2013-2020 гг. (проект № III.23.2.4).