

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 620.178.16

DOI: 10.17223/00213411/68/12/21

Механизм изнашивания стали Гадфильда при нагружении по схеме качения индентора с проскальзыванием*С.В. Станкевич¹, К.И. Эмурлаев¹, Д.И. Котов^{1,2}, В.Г. Буров¹, И.А. Батаев¹, З.Б. Батаева³¹Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Россия²Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, г. Новосибирск, Россия³Сибирский государственный университет водного транспорта, г. Новосибирск, Россия

Представлены результаты исследования механизма изнашивания стали Гадфильда в условиях трения качения с проскальзыванием. В качестве контртела использовались закаленные ролики из стали ШХ15СГ. Общее количество циклов фрикционного воздействия составило 1 млн. Полученная в результате экспериментов поверхность исследовалась методами растровой электронной микроскопии и микрорентгеноспектрального анализа. Установлено, что разрушение поверхностного слоя стали Гадфильда носит стадийный характер. Интенсивная пластическая деформация и сопутствующие механохимические процессы (окисление, рост плотности дефектов) приводят к охрупчиванию материала. Это вызывает образование сети трещин, ориентированных как перпендикулярно, так и параллельно направлению скольжения. Основным механизмом износа является отслаивание чешуеобразных частиц деформированного и окисленного материала толщиной около 1 мкм. Полученные данные согласуются с концепцией формирования вторичных структур на поверхности трения и вносят вклад в понимание поведения стали Гадфильда при комбинированном качении с проскальзыванием.

Ключевые слова: сталь Гадфильда, изнашивание, трение качения с проскальзыванием, вторичные структуры.

Высокомарганцовистые стали с содержанием 7–20 мас.% Mn, патент на которые был получен в 1883 г. английским металлургом Робертом Эбботом Гадфильдом, благодаря особым механическим и триботехническим свойствам в течение длительного времени относятся к числу наиболее востребованных литейных легированных сплавов [1]. Из самой распространенной стали 110Г13Л, входящей в эту группу и именуемой сталью Гадфильда, получают сотни типов изделий, эксплуатация которых связана с высокими нагрузками и необходимостью обеспечения длительной работоспособности. Предложенный Робертом Гадфильдом состав стали в течение полутора веков остается почти неизменным. Этот факт свидетельствует об уникальности данного сплава. Отличительной особенностью стали 110Г13Л, обеспечивающей ее высокую эксплуатационную стойкость при деформационном воздействии, является существенное упрочнение под воздействием ударных и ударно-усталостных нагрузок с высокими значениями давления. Например, железнодорожные крестовины, изготовленные из стали 110Г13Л, в процессе эксплуатации упрочняются на глубину от 9 до 20 мм [2]. Уровень твердости изделий в зоне катания колес подвижного состава достигает 350–500 НВ.

Основным фактором, который объясняет широкое применение стали Гадфильда при изготовлении таких изделий, как зубья ковшей карьерных экскаваторов, звенья гусениц тракторов и танков, щеки, била и молотки камнедробилок, черпаки драг, а также иные детали горно-шахтной и строительной техники, является высокая стойкость в условиях абразивного изнашивания. Анализ поведения стали 110Г13Л при эксплуатации в присутствии абразива выполнен во множестве работ отечественных и зарубежных специалистов [3, 4]. Изучено влияние дополнительного легирования стали, присутствия карбидной фазы, размеров аустенитного зерна, режимов термической обработки и других факторов на износостойкость стали. При проведении многочисленных экспериментальных работ выявлены особенности поведения стали, связанные со свойствами абразивной среды, проведен анализ механизмов микрорезания и пластического оттеснения поверхностных микрообъемов материала закрепленными и незакрепленными частицами абразива. Показано, что эксплуатация высокомарганцевых сталей в условиях сухого трения скольжения может сопровождаться измельчением зеренной структуры и деформационно-индуцированными фазовыми превращениями $\gamma \rightarrow \epsilon \rightarrow \alpha'$. Такой эффект способствует повышению твердости в деформированном слое до 576 НВ, что превышает исходную твердость стали Гадфильда в 3 раза [5]. Однако в литературе анализу схемы изнашивания, совмещающей в себе трение качения и скольжения, т.е. трение качения с проскальзыванием, внимание уделялось гораздо в меньшей степени, чем абразивному изнашиванию.

* Работа выполнена в рамках проекта FSUN-2024-0005 «Структурные преобразования в тонких поверхностных слоях металлических сплавов при экстремальном тепловом и деформационном воздействиях».