

Микроскопические исследования изменения поверхности стального контртела в процессе фрикционного взаимодействия с сальниковой набивкой из ТРГ

П.О. Буковский¹, О.О. Щербакова¹, Т.И. Муравьева¹

¹ Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН, Москва, пр-т Вернадского, д. 101, корп. 1

Сальниковые уплотнения являются критически важными элементами в широком спектре промышленного оборудования, обеспечивая герметичность подвижных соединений в условиях высоких давлений, температур и агрессивных сред [1]. Их надежная работа напрямую влияет на безопасность, энергоэффективность и т.д. В настоящее время все больше предприятий нефтегазовой, химической и энергетической отраслей предпочитают сальники на основе терморасширенного графита (ТРГ) традиционным материалам [2]. Это обусловлено уникальным комплексом свойств ТРГ, таких как высокая химическая стойкость, термостабильность, компрессионная прочность и способность к самоприлеганию, что позволяет создавать высокоэффективные и долговечные уплотнительные системы [1, 2].

При трении графитовых материалов о металлические контртела происходит выкрашивание частиц и формирование так называемой фрикционной пленки (тонкого слоя из изношенных частиц), которая может выполнять функцию твердой смазки и улучшать трибологические характеристики как основного материала, так и сопряженной поверхности.

Целью данной работы являлось изучение фрикционной пленки на поверхности стальных контртел, формирующейся в процессе трения с сальниковой набивкой из ТРГ.

Для детального изучения морфологии поверхности исследуемых стальных контртел одним из наиболее эффективных методов является сканирующая электронная микроскопия (СЭМ). СЭМ позволяет получать изображения поверхности с высоким разрешением, выявлять мельчайшие дефекты, оценивать степень износа и изучать структуру образующихся продуктов трения. Элементный состав поверхности контртел изучали с использованием энергодисперсионного рентгеноспектрального микроанализатора EDS (EDAX Company, США), входящего в оснащение микроскопа.

В данной работе были проведены трибологические испытания сальниковых набивок (марки Н1200), изготовленных из ТРГ. Испытание на трение проводили на трибометре UMT-3MT (CETR, США) по схеме полного контакта $K_{вз} = 1$ при нагрузке 500 Н и скорости скольжения $V = 5$ мм/с.

На рис. 1 представлены типичные СЭМ-изображение и карта распределения углерода на поверхности контртела после взаимодействия с

сальниковой набивкой. Темные области на СЭМ изображении представляют собой фрикционную углеродную пленку, а светлые области – стальное контртело.

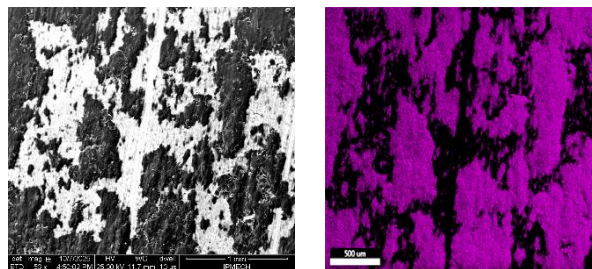


Рис. 1. СЭМ-изображение (слева) и картирование по углероду (справа) поверхности контртела после трибологических испытаний.

Ключевым механизмом, определяющим трибологическое поведение, является разрушение верхних слоев сальниковых набивок. Обнаруженный феномен не является дефектом, а представляет собой функциональный механизм самосмазывания, характерный для углеродных материалов. В процессе трения происходит отделение чешуек, которые затем переносятся на поверхность контртела, формируя фрикционную пленку. Этот перенос материала и последующее трение «углерод по углероду» является центральным механизмом, обеспечивающим низкий и стабильный коэффициент трения.

Определено, что функциональные свойства материала определяются процессом контролируемого поверхностного разрушения. В условиях трения этот механизм обеспечивает перенос графитовых чешуек на контртело и формирование фрикционной пленки.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (грант № 25-11-00350).

1. A.I. Vakis, V.A. Yastrebov, J. Scheibert, et al. Tribology International, (2018), 125, 169–199.
2. A.V. Yakovlev, A.I. Finaenov, S.L. Zabudkov, et al. Russ J Appl Che, (2006), 79, 1741–1751.