

ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

УДК 669.017.3

DOI: 10.17223/00213411/63/7/47

М.И. АЛЕУТДИНОВА, В.В. ФАДИН

ОСОБЕННОСТИ РАЗРУШЕНИЯ И СТРУКТУРА ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЁВ МОЛИБДЕНА И МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВЗАИМНОМ СУХОМ СКОЛЬЖЕНИИ ПОД ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ *

Рассмотрена возможность увеличения электропроводности сухого скользящего электроконтакта с плотностью тока более 100 А/см^2 путём применения молибденового контртела. Показано, что скольжение вольфрама и спечённого металлического композита по молибдену характеризуется низкой электропроводностью контакта и низкой износостойкостью. Изменение давления в интервале $0.02\text{--}0.13 \text{ МПа}$ и скорости скольжения в интервале $5\text{--}10 \text{ м/с}$ не приводило к существенному увеличению электропроводности и износостойкости контакта. Рентгеновским анализом было показано отсутствие равновесных окислов на поверхностях скольжения молибдена и вольфрама. Наблюдалось появление неравновесных химических соединений в процессе трения. Установлено образование слоёв переноса и их разрушение вследствие адгезии в контакте. Релаксация напряжений, происходящая по механизму малоциклового усталости в поверхностном слое, рассматривается как основная причина разрушения поверхностного слоя и высокого износа. Данные о структуре поверхностных слоёв и неудовлетворительные характеристики контакта позволили сделать вывод о невозможности значительного улучшения параметров скольжения с токоёмом по молибдену и нецелесообразности его применения в качестве контртела для этих условий.

Ключевые слова: структура и фазовый состав поверхностного слоя, вязкое пластическое течение слоя переноса, разрушение и износ поверхности скольжения, скользящий электроконтакт, электропроводность скользящего контакта.

Введение

Известно [1], что высокая электропроводность и высокая износостойкость скользящего электроконтакта имеют наибольшую ценность для эксплуатации. Эти выходные параметры трибосистемы с токоёмом зависят от многих входных параметров: давления, скорости скольжения, геометрии сопряжения, состава окружающей среды, первичной структуры материалов и т.п. В общем случае высокая износостойкость (т.е. высокая прочность рабочего слоя) задаётся высокой устойчивостью структуры поверхностных слоёв к внешнему воздействию трением и электрическим током. Ранее было отмечено закономерное увеличение износостойкости разных металлических композитов и металлов с увеличением электропроводности контакта при сухом скольжении по стальному контртелу с плотностью тока более 200 А/см^2 [2]. Как правило, электросопротивление контакта двух металлов можно рассчитать по формуле Хольма $r = 0.25 (\rho_1 + \rho_2)/a \cdot n$, где ρ_1 и ρ_2 – удельные электросопротивления контактирующих материалов, a – средний радиус пятен контакта, n – количество пятен контакта [3]. Отсюда следует, что высокая электропроводность контакта достигается при низких ρ_1 и ρ_2 . Однако учёт только ρ_1 и ρ_2 материалов может дать неточный результат для значения электропроводности скользящего контакта, так как электропроводность зависит часто от других входных параметров, например от контактного давления или от присутствия смазки. Кроме того, релаксация напряжений в контактном слое часто происходит за счёт пластической деформации, образуются слои переноса на поверхности трения или «третье тело» в контактном пространстве и т.п. [4]. При скольжении с повышенной плотностью тока механические напряжения могут релаксировать также за счёт структурных превращений, когда образуется трибослой [2]. Эти факторы могут значительно влиять на электропроводность контакта.

Промышленные токоёмные материалы имеют, как правило, структуру металлографитовых композитов. Скольжение происходит обычно без смазки по медному контртелу [1, 5, 6] при плотности тока менее 60 А/см^2 и контактном давлении около $0.02\text{--}0.05 \text{ МПа}$. В этих условиях удельная электропроводность контакта достигает значений $10\text{--}75 \text{ См/см}^2$ (См – Сименс). Представляет интерес достижение более высокой электропроводности контакта при высокой износостойкости и при высокой плотности тока. Наиболее просто это достигается за счёт увеличения давления. Но поверхность скольжения медного контртела, как правило, быстро разрушается в условиях сухого

* Работа выполнена в рамках госзадания ИФПМ СО РАН, проект III.23.1.1.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>