

Новиков К. Р.

Студент, магистрант.

Кожемяченко А.В.

Преподаватель кафедры «АТиТО»

Чащин М.О.

Студент, бакалавр.

СТРУКТУРА ИЗМЕНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ПРИ ТРЕНИИ

Аннотация: В статье представлены материалы анализа изменения структуры поверхностных слоев при трении трибосопряжений технических систем в нефтегазовой отрасли.

Ключевые слова: Трение, третье тело, поверхностный слой, система, узел трения, фрикционное трибосопряжение.

Novikov K. R.

Student, undergraduate.

Kozhemyachenko A. V.

Lecturer of the department "ATiTO"

Chashin M. O.

Student, bachelor.

THE STRUCTURE OF CHANGES IN SURFACE LAYERS DURING FRICTION

Abstract: The article presents the analysis of changes in the structure of surface layers during friction of tribocouples of technical systems in the oil and gas industry.

Key words: Friction, third body, surface layer, system, friction unit, frictional tribocoupling.

Таким образом, появление третьего тела знаменует определенный этап в эволюции трибосистем, при котором узел трения по уровню самоорганизации приближается к биологическим системам, так как только в биологических системах и в трибосопряжениях, относящихся к открытым термодинамическим

системам возможно уменьшить энтропии и формирование упорядоченных высокоорганизованных структур. Необходимо отметить, что в последние годы появились работы, в которых биологические системы, такие как, например, суставы, рассматриваются как трибосопряжения, реализующие эффект безызносности.

При фрикционном взаимодействии происходит сложные физико-химические процессы изменения структуры поверхностных слоев. Гороховский для полимеров и Костецкий для металлов рассматривали трение как процесс образования и разрушения вторичных структур. Основой формирования вторичных структур на поверхностях трибосопряжения является механические процессы, а внутренним фактором-структурно-термическая активация поверхности трибосопряжений. В этой же работе Б.И. Костецким были созданы предпосылки для разработки структурно-энергетической теории трения и износа, основу которой составляет явление структурной приспособляемости (СП) материалов узлов трения. Под СП узлов трения Б.И. Костецкий понимал такие изменения, происходящие в поверхностных слоях трибосопряжения, которые приводят к уменьшению диссипации энергии трения и износа материалов. Если рассматривать данный вопрос с позиции термодинамики, то явление СП обусловлено формированием, так называемой дисциплиной структуры, обладающей свойством минимального воспроизводства энтропии. При этом энергия, запасенная в поверхностных слоях узла трения, складывается из энергий дефектов кристаллической структуры и может достигать критических значений для данного агрегатного состояния вещества.

Формирование таких структур связано с тем, что фрикционное взаимодействие поверхностных материалов катализирует выход дефектов (в первую очередь дислокаций) кристаллического строения на поверхность трибосопряжения. Динамика выхода дислокаций на поверхность трения определяется как внешними условиями трения, в первую очередь нагрузочно-скоростного режима, так и химическим окружением поверхностей трения.

Например, влияние масел на субпроцессы в материале, которое в настоящее время представляет в значительной степени предмет в виде повышения плотности. В динамике процесса разрушения протекают в виде повышения плотности дислокаций в приповерхностном слое до некоторой критической плотности, благодаря блокированию подвижных дислокаций атомами примесей и вакансиями (точечными дефектами). В результате образуются субмикроскопические зародыши усталостных трещин.

Таким образом, механические и триботехнические характеристики поверхностей трения материалов обусловлены параметрами субструктуры в тонком приповерхностном слое (менее 10 мкм). Общий уровень плотности дислокаций в приповерхностном слое толщиной до 10 мкм связан с химическим составом сталей и режимами химико-термической обработки.

Многие масла, действуют как ПАВ, разрыхляют приповерхностный слой вещества, тем самым, снижая плотность дислокаций, обеспечивая положительный градиент (линейного вида) по глубине, который характеризует химическую активность смазочного материала в данном трибопроцессе, поэтому интенсивность изнашивания поверхностей трения связана с химической активностью смазочного материала, определяющей уровень плотности дислокаций на минимальной индуцируемой глубине до 0,5 мкм. Необходимо добавить, что экспериментальные результаты в данных работах были получены методами рентгенографии и подробно описаны в работах. Следовательно, процессы, происходящие в области фрикционного контакта, приводят не только к формированию третьих тел, стабилизирующих трение и износ трибосопряжений, но и в результате накопления приповерхностных дефектов кристаллического строения наблюдается усиление формирования трещин и частиц износа, что получило название деградации поверхности.

Большое разнообразие сложных процессов одновременно протекающих на поверхностях трения затрудняет анализ механизмов деградации структуры поверхностей контактирующих материалов. Поэтому общей классификации

механизмов формирования и отделения частиц износа не существует. В подавляющем большинстве исследований изнашивание материалов ограничиваются установлением факторов ускоряющих или замедляющих его. Следовательно, при таком традиционном подходе трудно выявить общие закономерности разрушения поверхностей материалов.

В последние годы в ряде работ В.Е. Панина с сотрудниками проблема деградации поверхностного слоя материала при трении обсуждается в единых позициях, основанных на представлении о структурных уровнях пластической деформации и физической мезомеханики. В отличие от традиционных методов феноменологического описания изнашивания в данных работах процессы деформации и разрушения поверхностных слоев контактирующих твердых тел рассматриваются самосогласованно на микро-, мезо-, и макромасштабных условиях. При этом, основой является описание деформации поверхностного слоя, которая характеризуется движением макро- и мезообъемов материала в соответствии со схемой «сдвиг-поворот». Микропроцессы представляются как аккумуляционные, таким образом, размеры частиц износа и скорость изнашивания контролируются скоростью образования поверхностного слоя с фрагментированной структурой и его толщиной. В литературе обсуждаются несколько моделей формирования модифицированного слоя: -за счет перемещения поверхностных слоев контактирующих материалов, адиабатического сдвига материалов, вытягивания вершин неровностей, взаимодействие со смазочной средой.

Из результатов, приведенных в работе, следует, что при трении металлов формируются структуры, различающиеся масштабом деформирования, которые и определяют процесс изнашивания. Кроме того, из полученных данных следует, что в результате изменения контактного взаимодействия процесс деформирования поверхностного слоя переходит на более высокий масштабный уровень. В широком смысле это не смена механизмов изнашивания, а лишь его проявление на следующем иерархическом уровне деформирования при трении в результате исчерпания ресурсов СП на предыдущем. Этот процесс сопровождается

увеличением площади контакта и, как следствие, изменением топологии поверхности трения.

При этом под действием сил трения, в результате структурно-термической активации вещество поверхностей трения переходит в высокоэнергетическое сверхвозбужденное состояние, высшей степенью которого является так называемая трибоплазма или магамаплазма.

Трибоплазма- энергетические сгустки, образующиеся на очень короткое время (10нс), высшие возбужденные состояния, при котором значительно ослабляются когезионные связи в твердых телах, возникают деградиационные структурные процессы, связанные с эмиссией заряженных частиц и фотонов различной длины волны.

Отметим, что на важную роль трибоплазмы в формировании кинетики фрикционных процессов, особенно трибохимических реакций указывает много работ, однако только относительно недавно появились работы собственно посвященные трибоплазме.

Использованные источники:

1. Костецкий, Б.И. Поверхностная почность материалов при трении [Текст]/ Б.И. Костецкий. – Киев: Техника, 1976. – 283с.
2. Радин, Ю.А. Безызносность деталей машин при трении [текст]/ Ю.А. Радин, П.Г. Суслов. – Л.: Машиностроение, 1989. – 229с.
3. Сысоев, П.В. Антифрикционные эпоксидные композиты в станкостроении [Текст]/ П.В. Сысоев, М.М. Близнец, А.К. Погосян. – Мн.: Наука и технология, 1990. – 231с.
4. Любимов, Д.Н. Основы теории трения [Текст]/ Д.Н. Любимов, В.А. Рыжиков: Учеб. Пособие. – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2001. – 87с.
5. Бершадский, Л.И. Совершенствование нормативно-технического обеспечения качества узлов трения машин и механизмов [Текст]/ Л.И.

Бершадский, Б.В. Протополов, и др. – Киев УкрНТИ. Сер. Упр. Качеством –
вып. 7, 1989. – 53с.