

УДК 621.569.92.041

Кожемяченко А.В.

Преподаватель кафедры «АТиТО»

Чащин М.О.

Студент, бакалавр.

Новиков К. Р.

Студент, магистрант.

ТРЕТЬИ ТЕЛА УЗЛОВ ТРЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Аннотация: В статье рассмотрены вопросы участия третьих тел в узлах трения технических систем нефтегазовой отрасли.

Ключевые слова: Трение, узел, тело, техническая система, фрикцион, диффузионный процесс, поверхностный слой, взаимодействие.

Kozhemyachenko A.V.

Lecturer of the department "ATiTO"

Chashin M.O.

Student, bachelor.

Novikov K. R.

Student, undergraduate.

THIRD BODIES OF FRICTION UNITS OF TECHNICAL SYSTEMS

Abstract: The article deals with the participation of third bodies in the friction units of technical systems in the oil and gas industry.

Key words: Friction, knot, body, technical system, friction clutch, diffusion process, surface layer, interaction.

По современным представлениям все трибозффекты проявляются в макромасштабе, но явления их вызывающие и сопровождающие, протекают на микроуровне. Последнее, в связи интенсивным развитием нанотехнологий, требует создания принципиально нового подхода к рассмотрению процессов контактного взаимодействия твердых тел, в частности узлов трения технических систем, но микро- и наноразмерах.

Трение представляет собой совокупность процессов, охватывающих тонкие поверхностные слои контактирующих тел. Причем существуют две независимые компоненты силы трения: деформационная и адгезионная. Работа силы трения равна энергии разрушения межповерхностных связей. В общем случае образование, рост и разрушение связей определяются природой контактирующих поверхностей, химическими процессами, протекающими на них, и напряженным состоянием поверхностных слоев, вызванных условиями нагружения. И.В.Крагельский ввел термин «третье тело», объясняющий межповерхностные связи, продукты их разрушения и поверхностные слои, в которых локализуется интенсив деформаций. Впоследствии М.Годе развил концепцию третьего тела, вложив в нее более широкий смысл, который сводится к существенным различиям поверхностных и объемных свойствах вещества трибосопряжения.

Часто третьи тела имеют вид пленочных структур, возникающих на поверхностях трения, которые существенно влияют на фикционные характеристики узлов трения. Особенно ярко данное явление проявляется при реализации эффекта безызносности или избирательного переноса, классическим примером которого служат узлы трения компрессоров и насосов, отличающиеся наименьшими, средами всего класса рассматриваемых технических систем, собственными затратами энергии на воспроизводство работы и износом рабочих поверхностей.

Классическим примером безызносности является трение бронза-сталь в среде глицерина или маслохладоновой смеси. Глицерин (маслохладоновая смесь) действует при трении как слабая кислота, избирательно подрастворяя отдельные компоненты стали, атомы которых переходят в смазочный материал. Поверхность бронзы обогащается медью и схватывается со сталью, следствием чего является постепенное покрытие поверхности стали медной пленкой. После полного покрытия медью стальных поверхностей трения, перенос меди приостанавливается.

В соответствии с моделью Годе медь третьего тела имеет рыхлое, резко отличное от блочного строение, которое обуславливает слабое сопротивление деформации сдвига, а, следовательно, и низкие коэффициенты трения. Такие третьи тела получили название сервовитных пленок. Наряду с сервовитными пленками при избирательном переносе наблюдаются следующие структуры, которые соответственно относятся к третьим телам:

Серфинг пленка-молекулярная пленочная структура из ассоциированных координационных соединений;

Металлоплакирующая пленка-защитная пленка в которой частично реализуется вакансионно-дислокационный механизм деформирования;

Дивиальная пленка-защитная металлическая пленка, образующаяся в результате разряда ионов металла в зоне контакта при трении, возможно образование трибо-ПАВ;

Нубиальная пленка-защитная трибополимерная пленка из хемосорбированных на активной поверхности сервовитной пленки трибополимеров, возникающих при деструкции материалов.

Другой тип третьих тел, в частности, активно применяющихся в узлах трения компрессоров и насосов и другой техники нефтегазовой отрасли, возникает на поверхности трения при взаимодействии полимерных или металлополимерных трибосопряжений. Подобные третьи тела получили название пленок фликционного переноса (ПФП), развитие теории ПФП во многом связано с работами В.А. Белого и его школы.

В общем случае, при трении полимера по металлу, как правило, наблюдается перенос полимера на поверхность металла. При фрикционном переносе полимера в результате молекулярного взаимодействия происходит отделение тонких поверхностных частиц и их перенос на активные участки поверхностей трения. При переходе к режиму установившегося трения в

металлополимерных трибосопряжениях фактически происходит трение полимера по полимеру .

Основным теоретическим подходом при рассмотрении эффекта фрикционного переноса при трении металлополимерных трибосопряжений является так называемая адгезионно-энергетическая модель, которая позволяет оценить как толщину, так и работоспособность ПФП. Согласно адгезионно-энергетическим представлениям, формирование ПФП происходит из продуктов изнашивания полимерного материала под действием фрикционного тепла. При образовании ПФП имеют место основные виды адгезионного взаимодействия: адгезия отдельных частиц и слоя частиц, адгезия расплава и смачивание поверхности контртела и адгезия пленки.

Если главным условием фрикционного переноса считать размягчение поверхностного слоя полимерного образца под действием выделяемого тепла в узле трения, то необходимо найти распределение температуры по высоте образца в любой момент времени. Следовательно, дифференциальное уравнение распределения температуры по глубине образца может служить основной для вывода расчетной зависимости количества перенесенного материала. Причем рост ПФП по времени ограничен ее адгезионной прочностью, предельное значение которой обуславливается соотношением накопленной деформационной и адгезионной энергиями.

Особенно хорошо изучено образование ПФП при фрикционном взаимодействии политетрафторэтилена (ПТФЭ) со стальным контртелом.

Как установлено при взаимодействии ПТФЭ с поверхностью металла происходит деструкция молекул ПТФЭ, в процессе которой осуществляется отрыв атомов фтора и замена их атомами водорода. При этом фиксируется адгезию ПТФЭ к металлическому контртелу.

Пленки фрикционного переноса образуются не только при трении металлополимерных трибосопряжений, но также при взаимодействии металла с

графитом, при этом на поверхности металлического контртела активно начинает формироваться ПФП из графита, так что за короткое время имеет место трение между графитовыми поверхностями. В ряде случаев трения металлополимерных трибосопряжений наблюдается перенос металла на полимер.

Появление третьих тел в области фрикционного контакта в большинстве случаев ведет к уменьшению величин сил трения и уровней изнашивания материалов трибосопряжения. Главной причиной такого влияния служит то, что атомы и молекулы третьего тела пассивируют поверхности трения, тем самым, уменьшая адгезионную составляющую силы трения.

Интенсивность формирования третьих тел зависит от совокупного множества факторов, которое упирается в то, что узел трения представляет собой единую трибосистему, развивающую по законам, описываемым законами синергетики и термодинамики открытых систем.

Под трибосистемой понимается динамическая, диссипативная, постоянно реализующая деградацию энергии макромеханического движения система, включающую в себя трибовозбуждаемые объемы материалов, границу, открытую для потоков, активируемых трений. Процессы формирования третьих тел являются закономерным актом саморегулирования и усложнения структуры трибосистемы, направленные на снижение прироста энтропии и, как следствие, уменьшения сил трения и интенсивностей изнашивания. Подобные процессы тем интенсивнее, чем более открытой является термодинамическая система.

Последнее определяется процессами отдачи или поглощения различных форм энергии извне. По мнению А.А. Полякова наиболее открытой (то есть способной к самоусложнению) делают трибосистему процессы массообмена, особенно диффузия.

Диффузионные процессы при трении характеризуются как общими закономерностями, присущими данному виду массопереноса, так и своими особенностями, обусловленным фрикционным взаимодействием. Диффузия

определяется характером структуры материалов, а также условиями их динамического контактирования. В самом общем случае для протекания диффузионных процессов важно сколь легко диффундирующие частицы вещества оторвутся от его поверхности, и сколь проницаемой окажется для них среда, в которой им предстоит двигаться.

Как показали исследования, проведение при помощи метода радиоактивных индикаторов, при трении наблюдается увеличение коэффициентов диффузии на 5-10 порядков по сравнению с аналогичными значениями, фиксируемыми в исходном веществе при отсутствии трения. Особенно сильное влияние диффузионные процессы оказывают на трение и износ металлополимерных сопряжений.

Растворение металла в полимерном материале было экспериментально обнаружено В.А. Белым и его сотрудниками. Ими же была установлена тождественность этого процесса электрохимическим превращениям, а также влияние проникающего металла на прочность адгезионной связи полимер-металл. Это влияние В.А. Белый связал с влиянием диффундирующего металла на окислительные процессы в массиве полимера. В работе авторы делают предположение о вакансионном механизме проникновения металла в полимер. Причем наиболее интенсивно данный процесс происходит в период приработки, которому соответствуют высокие нагрузочные и температурные режимы. При этом, как показали авторы диффузионные процессы оказывают существенное влияние на формирование площади фактического контакта. Именно ими была установлена взаимосвязь между улучшением антифрикционных характеристик металлополимерных трибосопряжений и интенсивностью диффузионного массопереноса.

Наиболее полно диффузионные процессы и их влияние на фрикционные характеристики трибосопряжений были исследованы в работах. В них было установлено наличие как атомарно-молекулярной, так и ионной составляющей диффузионного потока. Показано, что коэффициенты диффузии, связанные с

ионной составляющей в среднем на три порядка ниже, в сравнении с аналогичной величиной определяемой атомарно-молекулярным потоком. Согласно данным, приведенным в указанных работах, диффузия при трении происходит, в основном, по вакансионному механизму. А фрикционное взаимодействие материалов трибосопряжений ускоряет диффузию практически всех элементов, заполняющих зону трения, независимо от их природы, атомных номеров, размеров и т.п. Было подтверждено предположение работы о том, что наиболее интенсивное протекание диффузионных процессов происходит именно в период приработки. Основным итогом данных работ является тот факт, что диффузии процессы способствуют улучшению антифрикционных характеристик узлов трения, объясняемые усиливающим влиянием диффузии на формирование третьих тел. В.А. Белый, которому принадлежит приоритет в исследовании фрикционного переноса, в работе указывал на роль структурных превращений в граничных слоях и на возможность радикального механизма образования третьих тел.

Механизм образования радикалов и связь данного процесса с диффузией раскрыт в работах. Обнаружено, что при попадании иона металла, например, в полимерный материал, происходит трибохимическая реакция, следствием которого является образование сложных металлоорганических веществ (солей, комплексов), способствующих термодеструкции полимерных цепей и возникновению свободных долгоживущих радикалов. В последствии радикалы взаимодействуют с поверхностью трения, закрепляются перпендикулярно к ней и являются очагами формирования пленки будущего третьего тела.

Интенсивность данного процесса зависит от кинетики трибохимических реакций диффузионных потоков ионов с материалом трибосопряжения. Ход трибохимических реакций и их термодинамика резко отличны от классически протекающих химических превращений. Они резко активизируются и практически мгновенно прекращаются с началом и окончанием процесса трения. Причем могут реализоваться химические реакции с отрицательным приростом энтропии, что невозможно ни при каких других условиях.

В конце описания процессов массопереноса, и их влияния на трение и износ необходимо отметить случай, когда усиление массопереноса приводит к интенсификации разрушения поверхностей трибосопряжений: это, так называемое водородное изнашивание, открытое Д.Н. Гаркуновым и И.В. Крагельским. При водородном изнашивании, количество проникающего в поверхностные слои водорода пропорционально повышает интенсивность разрушения материалов трибосопряжения.

Использованные источники:

1. Свириденко, А.И. Физические и электрические методы в трибологии [текст]/ А.И.Свириденко, Н.К. Мышкин, Т.Ф. Калмыкова, О.В. Холодилов. – Мн.: Наука, 1987. – 280с.
2. Радин, Ю.А. Безызносность деталей машин при трении [текст]/ Ю.А. Радин, П.Г. Суслов. – Л.: Машиностроение, 1989. – 229с.
3. Любимов, Д.Н. Основы теории трения [Текст]/ Д.Н. Любимов, В.А. Рыжиков: Учеб. Пособие. – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2001. – 87с.
4. Сысоев, П.В. Антифрикционные эпоксидные композиты в станкостроении [Текст]/ П.В. Сысоев, М.М. Близнац, А.К. Погосян. – Мн.: Наука и технология, 1990. – 231с.
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.