

**Выводы:**

- решение о проведение рентгенологического исследования должно иметь медицинское обоснование;
- полученные в результате исследования средние эффективные дозы облучения за процедуру не превышают санитарным правилам и нормативам СанПиН;
- рентгеновское исследование не представляет опасности, при осторожном и рациональном использовании.

**Литература.**

1. СанПиН 2.6.1.1192-03. Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований.
2. МУК 2.6.1.962-00. Контроль эффективных доз облучения пациентов при медицинских рентгенологических исследованиях.

### **ФРЕТТИНГ-КОРРОЗИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ И МЕТОДЫ БОРЬБЫ С НЕЙ**

*Асанкул уулу Айбек, студент группы 10А31*

*Научный руководитель: Деменкова Л.Г.*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского  
Томского политехнического университета  
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

Для ускорения технического прогресса необходимо развивать выпуск экономичных, надежных и долговечных машин, повышать уровень их конструирования и совершенствовать технологию машиностроительного производства. Одной из первоочередных задач является обеспечение высокой надежности и долговечности тех наиболее распространенных типов узлов, в которых конструктивно предусмотрено сопряжение деталей. Недостаточная контактная прочность последних, определяющая в большинстве случаев прочность узла, снижает эксплуатационную надежность и долговечность машин, приборов и аппаратов. Как известно, ресурс работы ответственных узлов зачастую ограничивается преждевременным износом или разрушением контактирующих деталей в результате развития особого вида повреждения поверхности, получившего название фреттинг-коррозии и возникающего на контактирующих металлических поверхностях при относительном колебательном движении. Такое движение может вызываться вибрациями, возвратно-поступательным перемещением, периодическим изгибом или скручиванием сопряженных деталей. Относительное перемещение поверхностей может быть очень малым, тем не менее оно является достаточным для возникновения фреттинг-коррозии. Фреттинг – это явление износа между двумя поверхностями, имеющими колебательное относительное движение малой амплитуды. Фреттинг-коррозия – это разновидность фреттинга, когда преобладает химическая реакция. Фреттинг-коррозию часто характеризуют отделением частиц и последующим образованием оксидов, которые часто являются абразивными, способными увеличивать износ.

Имеющиеся экспериментальные данные по фреттинг-коррозии не исчерпывают всего многообразия проявлений этого вида поверхностного разрушения. В литературе [1-2] рассматривается влияние внешних механических факторов на интенсивность развития фреттинг-коррозии. Однако наиболее полную информацию для установления механизма этого явления можно получить, исследуя структурные изменения поверхностных слоев, природу образующихся окислов и так далее. При проведении исследований необходимо применять электронномикроскопический, рентгеноструктурный анализ, а также изучать микрогеометрию поверхности и микротвердость поверхностных слоев.

Литературные данные показывают [1-2], что на участках поверхностей, поврежденных фреттинг-коррозией, протекают схватывание, абразивное разрушение, усталостные процессы, сопровождающиеся окислением и коррозией. Причем в зависимости от условий нагружения, свойств материалов и окружающей среды один из перечисленных процессов является преимущественным и оказывает существенное влияние на долговечность работы соединения. Преимущественно абразивное разрушение поверхности при фреттинг-коррозии встречается в соединениях, детали которых изготавливаются из сплавов, образующих твердые продукты износа, например, корунд  $Al_2O_3$ .

Фреттинг-коррозия обладает рядом отличительных особенностей по сравнению с другими видами разрушения поверхностей: скорость относительного перемещения контактирующих поверхностей при фреттинг-коррозии мала по сравнению со скоростями при обычном трении скольжения; малая амплитуда смещений затрудняет удаление продуктов износа из зоны контакта; процесс фрет-

тинг-коррозии отличается большой интенсивностью разрушения по сравнению с другими видами изнашивания поверхностей, причем, если присутствие кислорода может уменьшать износ при обычном трении скольжения, то в условиях фреттинг-коррозии кислород углубляет повреждения; продуктами фреттинг-коррозии металлов являются, в основном, их оксиды.

Чаще всего фреттинг-коррозия развивается при различных пресовых посадках на вращающихся валах, в местах посадки лопаток турбин, в шлицевых, шпоночных, болтовых и заклепочных соединениях. Фреттинг-коррозии подвержены канаты и канатные шкивы, контактные поверхности подшипников качения, передающих нагрузки в отсутствии качения, контактные поверхности рессор и пружин, клапанов и толкателей, кулачковых механизмов и т.п. [2]. Под воздействием окружающей коррозионной среды на поверхности металла образуется оксидная пленка (продукты коррозии). При трении эта пленка механически разрушается. Так как при фреттинг-коррозии взаимодействующие поверхности не разъединяются, то разрушенные продукты коррозии так и остаются между ними (в некоторых случаях вытесняются), в дальнейшем материалы истираются быстрее, а фреттинг-коррозия протекает интенсивнее. Разрушение защитной пленки может быть причиной дальнейшего протекания коррозии, обусловленной работой концентрационного элемента, или же вызвать контактную коррозию. Превращение поверхности металла в оксид приводит к неисправностям, забиванию системы продуктами коррозии, заеданию и сбою работы механизма. При протекании фреттинг-коррозии поверхность металла обесцвечивается, а при воздействии колебательных напряжений на ней образуются язвы, в которых в дальнейшем зарождаются усталостные трещины. Скорость фреттинг-коррозии зависит от природы используемых металлов (материалов), температуры, состава коррозионной среды и действующих нагрузок. Во время трения происходит нагрев металла, что дополнительно усиливает фреттинг-коррозию, особенно в условиях отсутствия на поверхности смазки. Фреттинг-коррозия протекает не по электрохимическому механизму. Важнейшим фактором является приложенная нагрузка, в результате которой происходит усиленное питтингообразование на контактирующих поверхностях. При колебательном скольжении (трении) образовавшиеся окислы не могут быть удалены с контактирующей поверхности. Это приводит к увеличению напряжения между контактирующими деталями и фреттинг-коррозия в местах скопления окислов проходит намного интенсивнее.

Мерами борьбы с фреттинг-коррозией является, во-первых, правильный подбор материалов. Целесообразно для предотвращения возникновения фреттинг-коррозии сочетать мягкие металлы с твердыми. Доказано [3], что при скольжении стальной поверхности о стальную разрушение намного больше, чем скольжении стали о сталь, покрытую свинцом. Даже при больших нагрузках мягкий металл предотвращает контакт с окружающей средой. Разрушение также уменьшается из-за того, что более мягкий металл может при срезе «течь», а не тереться. Для контакта со стальной поверхностью рекомендовано [1] использовать сталь, покрытую оловом, индием, кадмием, свинцом, серебром.

Применение смазок также эффективно для предотвращения фреттинг-коррозии, особенно при условиях небольших нагрузок. Поверхность предварительно подвергают фосфатированию. Полученную пористую пленку обрабатывают смазкой низкой вязкости, которая проникает глубоко в поры и благодаря этому достаточно долго остается на изделии. Недостатком этого метода можно считать то, что это все-таки временная защита, смазка рано или поздно удаляется в результате скольжения.

Очень эффективным методом борьбы с фреттинг-коррозией является проектирование контактирующих поверхностей с устранением скольжения. Конструирование этого достаточно тяжело.

Применение материалов с низким коэффициентом трения и прокладок возможно только при маленьких нагрузках в связи с их небольшой прочностью. Резина, например, амортизирует колебания и предотвращает скольжение.

В качестве конструктивных возможностей для борьбы с фреттинг-коррозией рекомендуется применять бесконтактные лабиринтные уплотнения, вместо цилиндрической посадочной поверхности – шарообразную, трению скольжения предпочитать трение качения, плотно подгонять призматические и сегментные шпонки и т.д. При транспортировке машин и механизмов необходимо использовать транспортные предохранители. Широкие возможности для предупреждения фреттинг-коррозии дает подбор пар материалов, слабо восприимчивых к фреттинг-коррозии, и физико-химическая модификация контактирующих поверхностей. Так, очень твердые материалы (например, с высоким содержанием карбидов) обладают повышенной способностью противостоять фреттинг-коррозии [1]. Положительный эффект дает применение коррозионноустойчивых сталей, а также нанесение плазменных покрытий [3]. Также следует уделить внимание специальной обработке контак-

тирующих поверхностей. Так, азотирование с дополнительным нанесением порошка дисульфида молибдена, нанесение гальванического слоя хрома, обработка поверхности пескоструйным методом с последующим нанесением металлической пыли свинцовистой бронзы, покрытие из неметаллических материалов дают возможность успешно бороться с фреттинг-коррозией [1]. Для предупреждения фреттинг-коррозии нужно также тщательно подгонять сопряжения. Для восстановления поверхностей, сильно подверженных фреттинг-коррозией, рекомендуется использовать наплавку молибдена, а для менее поврежденных – расплавленную массу дисульфида молибдена [2]. Обычные смазки, а также смазки с примесью графита или дисульфида молибдена также используют в качестве метода борьбы с фреттинг-коррозией. Правда, этот метод полностью не устраняет фреттинг-коррозию, но значительно снижает ее интенсивность. Применение таких материалов как тефлон и резина в соединении «вал – втулка» позволяет иногда полностью устранить фреттинг-коррозию. Кроме рассмотренных методов предлагается использовать различные демпфирующие устройства для гашения вибрации.

Необходимость осуществления мероприятий по защите от фреттинг-коррозии диктуется тем обстоятельством, что потери от коррозии приносят чрезвычайно большой ущерб. По имеющимся данным, около 10% ежегодной добычи металла расходуется на покрытие безвозвратных потерь вследствие коррозии. Выбор метода предупреждения фреттинг-коррозии следует проводить с учетом конкретных условий работы сопряжения и предъявляемых к нему требований. Из всего многообразия перечисленных апробированных средств предотвращения фреттинг-коррозии можно сделать вывод, что универсального метода защиты от этого вида разрушения контактирующих поверхностей не существует. Большинство предложенных методов разработаны для частных случаев с конкретными условиями работы конструкции, в зависимости от которых один и тот же метод может давать совершенно противоположные результаты.

Литература.

1. Семёнова, И.В. Коррозия и защита от коррозии [Текст]: учебное пособие / И.В. Семёнова, Г.М. Флорианович, А.В. Хорошилов. – М.: Химия, 2010. – 254 с.
2. Тарчигина, Н.Ф. Химическое сопротивление материалов и защита от коррозии [Текст]: учебное пособие / Н.Ф. Тарчигина, В.Н. Русин, Ю.М. Галкина. – М.: Изд-во МГОУ, 2012. – 198 с.
3. О коррозии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.okorrozii.com/fretting-korrozia.html>, свободный.

## МАГНИТНЫЕ ЖИДКОСТИ В ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

*Д.А. Бобровицкий, студент группы 10А31*

*Научный руководитель: Деменкова Л.Г.*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского  
Томского политехнического университета  
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

Одним из самых интенсивно развивающихся направлений современной науки является нанохимия магнитных материалов. Явление магнетизма известно человеку с давних пор, однако именно магнитный феномен нанообъектов сейчас – одна из самых обсуждаемых тем в научных журналах. Магнитные нанообъекты, к которым относятся и магнитные жидкости (МЖ), как оказалось по результатам исследований [2, 5], могут нести в себе огромные возможности для перспективного применения в различных отраслях промышленности.

Цель нашего исследования – получить магнитную жидкость и изучить её свойства. Для этого нами был проведён обзор литературных источников по данному вопросу [1-9], руководствуясь которыми, мы выбрали оптимальный способ получения магнитной жидкости.

МЖ представляет собой золь, коллоидный раствор, мицеллы которого образованы ферромагнитными наночастицами, распределёнными в воде или каком-либо органическом растворителе (керосине, эфирах). Наночастицы состоят из магнетита ( $Fe_3O_4$ ) или феррита ( $Fe_2O_3$  с оксидами других металлов – марганца, никеля, кобальта, цинка). В качестве стабилизатора золя используют растворы поверхностно-активных веществ (например, олеиновую кислоту), препятствующих коагуляции золя и его расслоению. Адсорбируясь на поверхности дисперсных наночастиц, ПАВ образуют защитное покрытие, являющееся своеобразным барьером [1], благодаря чему МЖ не расслаивается и сохраняет свои свойства неограниченный период времени. Изучение МЖ имеет огромное значение, т.к. обу-