

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНАШИВАНИЯ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ФРЕТТИНГ-КОРРОЗИИ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Термин фреттинг используется для обозначения малого колебательного скольжения между поверхностями двух контактирующих тел. Амплитуда такого движения обычно составляет 1-100 мкм. Изнашивание, возникающие при таком движении, называют фреттинг-изнашиванием [1].

Различают два вида фреттинг-изнашивания в зависимости от механических факторов и факторов, связанных с окружающей средой. Если повреждение при фреттинге вызвано циклическим нагружением, стимулирующим появление поверхностных усталостных трещин, в конечном итоге приводящим к катастрофическому разрушению, то используют термин фреттинг-усталость. Вид фреттинга, при котором преобладают химические реакции, получил название фреттинг-коррозии. Как правило, оба типа фреттинга протекают одновременно. Циклическое микроперемещение вызывает разрушение защитной (например, окисной) пленки, покрывающей поверхность металла. Обнажившийся металл легко окисляется, а продукты окисления действуют как абразив, приводя к повреждению поверхности.

При выборе оборудования и методики испытаний для проведения исследований фреттинг-коррозии необходимо выдержать ряд требований. С одной стороны имитация фреттинг-коррозии в лабораторных условиях должна максимально приближаться к условиям возникновения этого вида поверхностного разрушения в реальных конструкциях. С другой стороны выбранная методика должна давать возможность сопоставления полученных результатов с данными других работ. В связи со специфичностью условий возникновения фреттинг-коррозии испытательным устройствам предъявляются следующие требования:

- свободное от люфтов крепление образцов в соответствующих зажимных устройствах;
- жесткость к перемещению образцов друг к другу и малая степень деформации устройства;
- наличие виброскользкого движения, регулируемой частоты и амплитуды;
- наличие контролируемой нормальной силы для создания необходимой удельной нагрузки.

По характеру контактирования поверхностей применявшееся для исследований фреттинг-коррозии установки приборы можно разделить на два типа [2]:

1) Установки, в которых осуществляется точечный или линейный контакт (шар-плоскость, цилиндр-плоскость).

2) Установки для создания вибраций в контакте плоских поверхностей.

Перечисленным требованиям к установкам и характеру контактирования отвечает установка, изготовленная этой установки в БНТУ.

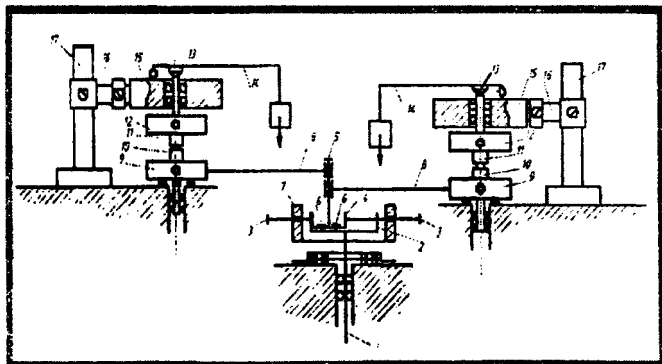


Рисунок 1 – Кинематическая схема установки для испытаний на фреттинг-коррозию:

1 – вал-шпиндель, 2 – каретка, 3 – винт, 4 – подвижная каретка, 5 – ось, 6 – винт, 7 – подвижное кольцо, 8 – шатун, 9 – головка, 10 – подвижный образец (контртело), 11 – неподвижный образец, 12 – подвижная головка, 13 – сферический подпятник, 14 – рычаг, 15 – самоустанавливающийся узел, 16 – консоль, 17 – стойка

Кинематическая схема установки представлена на рисунке 1.

От двухскоростного электродвигателя через сменные шкивы и клиноременную передачу вращение передается к валу-шпинделю 1, на котором установлена каретка 2. По внутренней поверхности каретки при помощи винтов 3 может перемещаться подвижная каретка 4 с осью 5. Фиксация каретки 4 осуществляется винтами 6. Для устранения дисбаланса в конструкции механизма установки амплитуды микроскольжения предусмотрено подвижное кольцо 7. Эксцентричное движение оси 5 передается посредством шатунов 8 головками 9, оси вращения которых смещены относительно точки крепления шатунов. В головке с помощью подвижных губок закреплен подвижный образец 10. Узел крепления неподвижного образца 11, 12 аналогичен. Головка 12 имеет возможность вертикально перемещаться в направляющих консоли 17, установленной на стойке 18. Нагружение образцов производится с помощью рычага 14 и грузов через сферические подпятники 13. Узел 16 консоли дает возможность самоустановки образцов в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

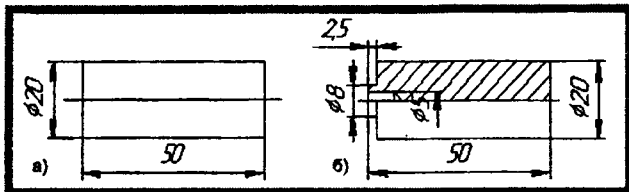


Рисунок 2 – Образцы для проведения испытаний на фреттинг-коррозию
 а) – неподвижный образец,
 б) – подвижный образец (контртело)

На установке испытываются две пары образцов – эталон и испытуемый образец (рисунок 2).

Данная установка позволяет производить испытания при амплитуде относительного микроскольжения от 0 до 2000 мкм, частоте колебаний от 6 до 100 Гц (за счет установки шкивов и двухскоростного двигателя), удельной нагрузке до 400 МПа.

В установке положено в основу торцевое трение контактирующих образцов, выполненных в виде полого кольца (подвижный образец) и цилиндра (неподвижный образец).

Выбранные наружный и внутренний диаметры образцов позволяют свести к минимуму эффект градиента скорости в радиальном направлении. Испытания образцов проводились согласно ГОСТ 23.211 – 80 «Обеспечение износостойкости изделий. Метод испытаний металлов на изнашивание при фреттинге и фреттинг-коррозии».

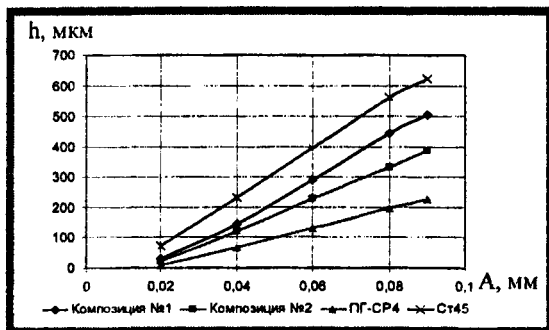


Рисунок 3 – Зависимость износа от амплитуды ($p=60$ МПа, $N=1 \times 10^6$, $f=25$ Гц)

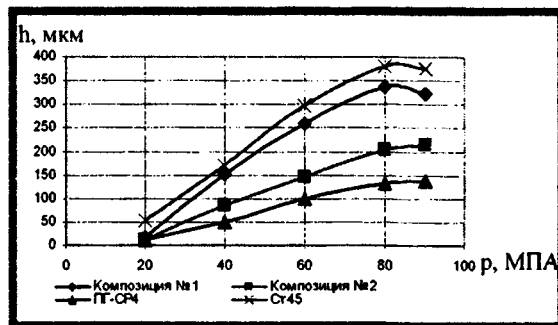


Рисунок 4 – Зависимость износа от удельной нагрузки ($A=0,06$ мм, $N=1 \times 10^6$, $f=25$ Гц)

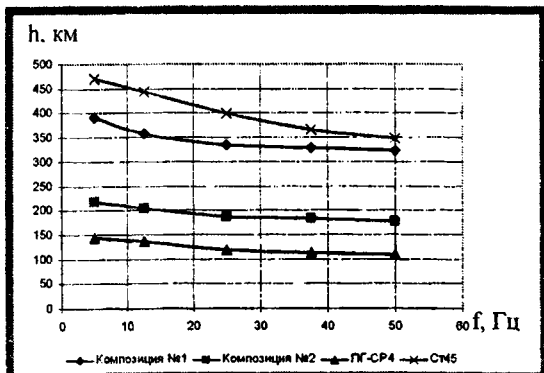


Рисунок 5 – Зависимость износа от частоты колебаний ($A=0,06$ мм, $N=1 \times 10^6$, $p=60$ МПа)

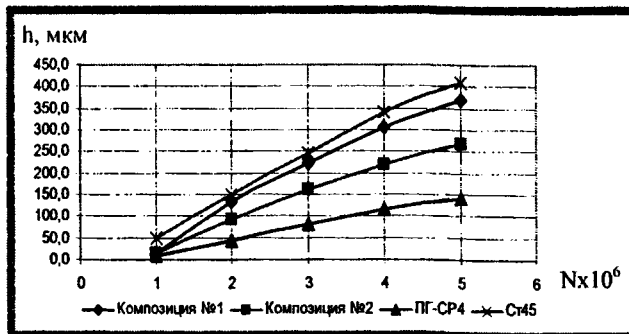


Рисунок 6 – Зависимость износа от числа циклов ($A=0,06$ мм, $p=60$ МПа, $f=25$ Гц)

Определение оценок и доверительных интервалов, полученных результатов износа образцов при фреттинг-коррозии определяли согласно СТ СЭВ 876 – 87.

В работе исследовались покрытия, напыленные газотермическим способом из следующих композиций (в объемных долях): композиция №1 – ПТ-ЮНХ16СР3 (1/3) + ПГ-19М-01 (2/3), композиция №2 – ПР-НД42СР (1/3) + ПР – Х4Г2Р4С2Ф (1/3) + ПТ-НА-01 (1/3), композиция №3 – ПТ-НА-01 (1/3) + ПГ-19М-01 (2/5) + ПР – Х4Г2Р4С2Ф (1/3), образец – сталь 45 и ПГ-СР4.

Результаты проведенных испытаний показаны на рисунках 3-6.

В условиях фреттинг-коррозии и под действием высоких удельных нагрузок в процессе эксплуатации слабо упрочняющаяся пластичная матрица легко переносится на сопряженную поверхность, предохраняет ее от повреждений и способствует релаксации напряжений. Наличие дисперсных твердых включений, воспринимающих основную силовую нагрузку, обуславливает повышение сопротивления контактирующих материалов усталостному разрушению. Высокая износостойкость полученных композиционных покрытий достигается составом композиций для напыления, содержащих пластичную металлическую матрицу (Cu, Ni, Fe) с мелкодисперсными карбидами и другими твердыми включениями, равномерно распределенными по всему объему. Такие составы композиций обеспечивают оптимальное соотношение твердости и вязкости покрытий.

Подтверждена эффективность использования газотермического напыления для упрочнения-восстановления поверхностей, подверженных фреттинг-коррозии. Полученные композиционные покрытия имеют износостойкость в 1,5-2 раза выше по сравнению со сталью 45 и сравнимую с износостойкостью оплавленного самофлюсующегося сплава ПГ-СР4.

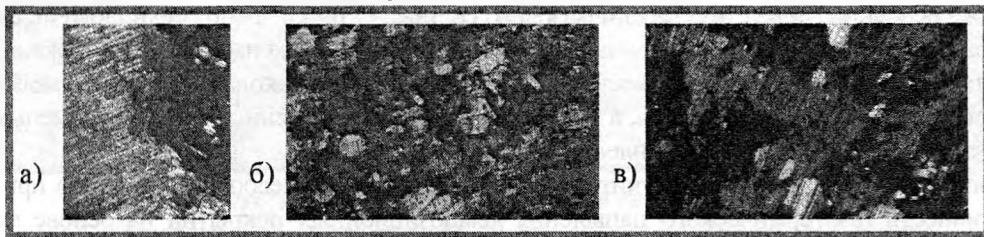


Рисунок 7 – Фотографии поверхности покрытий после испытаний на фреттинг-коррозию: а) – граница изношенной и не изношенной поверхности, б) – изношенная поверхность х64, в) - изношенная поверхность х128

ЛИТЕРАТУРА

1. Hutchings I.M. Tribology: Friction and Wear of Engineering Materials. – Cambridge, 1992. – p.273.
2. Голего Н.Л., Алябьев А.Я., Шевеля В.В. Фреттинг-коррозия металлов. – Киев: «Техніка», 1974 – 272с.

УДК 621.793

Сокоров И.О., Спиридонов Н.В., Пилецкая Л.И.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ ВАЛОВ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Задача обеспечения требуемых свойств покрытий определяется решением в комплексе двух ключевых проблем: выбор материала и формирование его требуемых структуры и свойств за счет подбора технологических параметров. Кроме того, анализ себестоимости нанесения покрытий показывает, что при газотермических технологиях затраты на материал как правило являются основной статьей расходов [1]. Таким образом, наиболее эффективным методом удешевления защитных покрытий является разработка и применение новых материалов, обладающих низкой стоимостью при высоком уровне обеспечиваемых свойств. Выбор оптимального состава материала для конкретных условий работы детали является приоритетным по отношению к способу и режимам его нанесения.

Исходя из поставленной цели исследований, в работе разрабатывались композиции на основе износостойких, антифрикционных и терморегулирующих материалов. Выбор исходных порошковых ма-