

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 621.763

УПЛОТНИТЕЛЬНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

С. В. АВДЕЙЧИК, В. А. СТРУК, Е. В. ОВЧИННИКОВ

Гродненский государственный университет

В данной работе исследованы свойства углеграфитовых материалов, модифицированных фторсодержащими олигомерами, наносимыми на поверхность с помощью растворной технологии. В качестве углеродсодержащих материалов использовались композиционные материалы на основе гидрофобизированного графита "Графлекс" и углеродного волокна типа "Урал" и "Вискум". Выбор этих материалов обусловлен их широким распространением для изготовления герметизирующих материалов в различных узлах машин и химического оборудования. При создании композиционных материалов для подвижных уплотнений использовали политетрафторэтилен марки Ф-4 (ПТФЭ). В качестве модификаторов композиционных материалов и волокон использовали фторсодержащие олигомеры "Фолеокс" общей структурной формулы $R_f - R_1$, где R_f - фторсодержащий радикал, R_1 - функциональная группа -ОН, -СООН, NH_2 , Н и др. Молекулярная масса олигомеров составляет от 2500 до 5000 ед. Образцы для исследований получали методом холодного прессования при удельной нагрузке 1 - 5 кН. Композиционные материалы на основе ПТФЭ после холодного прессования подвергали термической обработке на воздухе по традиционной технологии. Оценку активности поверхности материалов производили по краевому углу смачивания по известной методике. Триботехнические испытания проводили по схеме "вал - частичный вкладыш" и "вал - нить" в диапазоне скоростей 0,1-1 м/с и удельных нагрузок 0,01-10 МПа. В качестве модельных агрессивных сред применяли концентрированные растворы соляной (HCl), серной (H_2SO_4) и азотной (HNO_3) кислот. Теплофизические характеристики материалов исследовали методом дифференциально-термического анализа на дериватографе Q-1500 при скорости нагрева 5°/мин. Энергию активации процесса термоокислительной деструкции рассчитывали по методу Бройдо.

Модифицирование углеродсодержащих материалов фторсодержащими олигомерами "Фолеокс" существенно повышает их служебные характеристики. Модифицирование, осуществляемое по растворной технологии, позволит обрабатывать готовые изделия в виде сальниковых уплотнителей, колец и манжет. Разработанные композиционные материалы для герметизации статических и подвижных узлов машин и технологического оборудования предприятий теплоэнергетического и химического комплексов обеспечивают надежную эксплуатацию при температурах рабочей среды до 450° С и давления до 10 МПа.

УДК 621.762

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ СКОЛЬЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ТРЕНИЯ НА ТЕМПЕРАТУРУ В ЗОНЕ ФРИКЦИОННОГО КОНТАКТА САПФИР-ТИТАН

В. М. БЕЛОВ, В. А. САВАСТЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта

Представлены результаты исследования влияния линейной скорости поверхности трения контртела на температуру локальных источников тепла в контакте сапфир-титан. Пара трения состояла из вращающегося на машине трения контртела, выполненного в виде титанового диска, и сопряженного с ним плоского неподвижного образца из сапфира.

Измерение температуры пятен фрикционного контакта производилось динамическим методом с помощью специально разработанного устройства. Метод основан на измерении энергии излучения, исходящей от горячих пятен в зоне трения. Измерение температуры и визуализация горячих пятен

осуществляются путем проецирования изображения локальных источников тепла на построчно и покадрово сканируемую электронным лучом поверхность фотокатода приемной трубки (видикона), который является приемником теплового излучения. Видикон преобразует изображение участка поверхности трения в электрический сигнал. Величина электрического сигнала на выходе видикона в каждый момент времени соответствует интенсивности излучения конкретного локального участка поверхности трения и, следовательно, содержит объективную информацию о температуре данного участка поверхности. Для визуализации и фиксации процессов, протекающих в зоне трения, к видикону подключается видеоманитофон и телевизионный монитор. Минимальные участки поверхности локальных источников тепла, на которых с помощью рассматриваемого устройства можно производить измерение температуры, имеют линейные размеры 2–3 мкм. При этом на экране монитора одновременно видны локальные источники тепла, температура которых измеряется. Устройство позволяет измерять распределение температуры на горячем пятне пары трения как вдоль вектора линейной скорости поверхности контртела, так и перпендикулярно к нему.

На рисунке 1 для исследуемой пары трения сапфир–титан представлены зависимости распределения горячих пятен по температуре вспышки T_B , за которую принималось значение температуры, максимально достижимое на пятне.

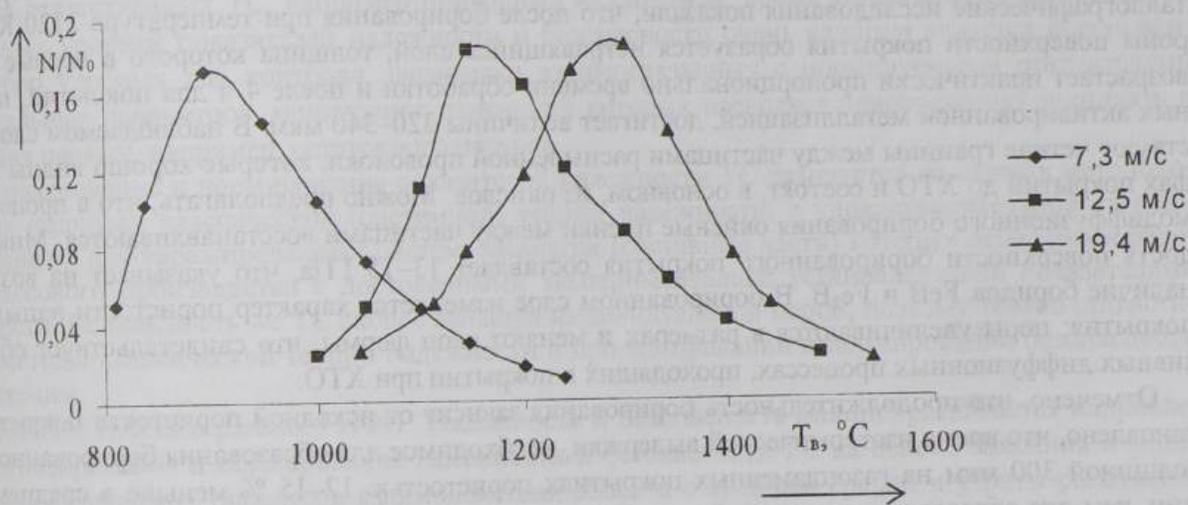


Рисунок 1 – Распределение горячих пятен пары трения сапфир–титан по температуре вспышки T_B при нагрузке $P = 0,13$ Н для различных значений линейной скорости скольжения поверхности контртела: 1. (•) – $v_1 = 7,3$ м/с; 2. (x) – $v_2 = 12,8$ м/с; 3. (Δ) – $v_3 = 19,4$ м/с

Из рисунка 1 видно, что при нагрузке $P = 0,13$ Н и скорости $v_1 = 7,3$ м/с наибольшее число из зафиксированных горячих пятен имеют температуру 900 °C. При скорости $v_2 = 12,8$ м/с наиболее вероятная температура горячих пятен составляет 1150 °C, при скорости $v_3 = 19,4$ м/с – 1280 °C. Представленные результаты показывают, что распределение $N/N_0 = f(T_B)$ существенно зависит от скорости скольжения поверхности трения. Увеличение скорости приводит к смещению функции распределения $N/N_0 = f(T_B)$ в область более высоких температур. С ростом скорости на исследуемом участке увеличивается общее число горячих пятен и доля пятен, имеющих $T_B > 1000$ °C. Максимальная температура вспышки T_{BM} , регистрируемая в зоне фрикционного контакта, также растет с ростом скорости скольжения. Так, при $v_1 = 7,3$ м/с температура $T_{BM} = 1240$ °C, а при $v_3 = 19,4$ м/с максимальное значение температуры вспышки достигает 1530 °C.

По нашему мнению, левые ветви кривых не совсем точно отражают действительное распределение горячих пятен по температуре. По-видимому, они должны быть более пологими, т. е. число пятен, нагретых до температуры меньшей средней статистической для выбранного режима трения, должно быть значительно выше. Указанное предположение основано на том, что часть пятен, имеющих температуру ниже порога чувствительности системы измерения, не фиксируется. Кроме того, не регистрируются пятна, имеющие несколько большую температуру, но расположенные в непосредственной близости с горячими пятнами, температура которых превышает среднюю по контакту температуру вспышки. В данном случае тепловое излучение более нагретого пятна перебивает излучение соседних пятен. Об этом свидетельствует наблюдаемая зачастую асимметрия

кривой распределения температуры по ширине горячих пятен. С ростом скорости скольжения по поверхности трения число пятен с высокой интенсивностью теплового излучения растет, что приводит к снижению числа фиксируемых пятен, имеющих T_b менее 1000–1200 °С.

УДК 621.793

УПРОЧНЕНИЕ – ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИМ НАПЫЛЕНИЕМ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ

М. А. БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ, В. А. КУКАРЕКО

Институт механики и надежности машин НАНБ

Производилась оценка возможности повышения поверхностных свойств покрытий, напыленных «холодными» методами, путем последующей химико-термической обработки. Термодиффузионное насыщение покрытий, нанесенных распылением проволоки из стали Св-08 газопламенным методом и активированной электродуговой металлизацией, осуществлялось двумя методами: борированием и карбонитрированием в порошковых смесях, помещенных в контейнеры с плавким затвором. Металлографические исследования показали, что после борирования при температуре 2120 К со стороны поверхности покрытия образуется нетравящийся слой, толщина которого в первые 3,5–4 ч возрастает практически пропорционально времени обработки и после 4 ч для покрытий, полученных активированной металлизацией, достигает величины 320–340 мкм. В наблюдаемом слое отсутствуют четкие границы между частицами распыленной проволоки, которые хорошо видны на шлифах покрытий до ХТО и состоят, в основном, из окислов. Можно предполагать, что в процессе термодиффузионного борирования окисные пленки между частицами восстанавливаются. Микротвердость поверхности борированного покрытия составляет 13–15 ГПа, что указывает на возможное наличие боридов FeB и Fe₂B. В борированном слое изменяется характер пористости напыленного покрытия; поры увеличиваются в размерах и меняют свои формы, что свидетельствует об интенсивных диффузионных процессах, проходящих в покрытии при ХТО.

Отмечено, что продолжительность борирования зависит от исходной пористости покрытия. Установлено, что время изотермической выдержки, необходимое для образования борированного слоя толщиной 300 мкм на газопламенных покрытиях пористостью 12–15 % меньше в среднем на 15 мин, чем для образования слоя такой же толщины на покрытиях пористостью 9–10 % и на 20 мин меньше для покрытий, полученных активированной металлизацией (пористость около 5 %).

Процесс карбонитрирования газотермических покрытий требует более длительной изотермической выдержки, и при температуре 920 К за 6 ч толщина слоя, насыщенного азотом и углеродом, составила 100–120 мкм. Между модифицированным слоем и ненасыщенным покрытием наблюдается нетравящаяся переходная зона толщиной около 40 мкм, в которой не видны границы между частицами, что может быть связано с гомогенизацией состава на этом участке. Микротвердость этой зоны значительно ниже микротвердости модифицированного слоя, но в два раза превосходит микротвердость напыленного покрытия.

Рентгеноструктурным анализом установлено, что основными фазами, составляющими модифицированный слой, являются цементит Fe₃C с гексагональной решеткой и Fe₃N с орторомбической решеткой.

Прочность сцепления газопламенных покрытий до обработки составляла, в среднем, 24,1 МПа, после борирования – 34,2 МПа, после карбонитрирования – 39,4 МПа. Это можно объяснить релаксацией внутренних напряжений в покрытиях, гомогенизацией химического состава в зоне, близкой к основному металлу, а также восстановлением окислов на поверхности основы и возможной взаимодиффузией в системе «покрытие – подложка».

Триботехнические испытания борированных покрытий показали, что их износостойкость значительно выше износостойкости покрытий до ХТО. Это обусловлено прежде всего наличием на испытываемой поверхности твердых фаз FeB и Fe₂B. Аналогичные данные получены и для карбонитрированных покрытий, высокая износостойкость которых обусловлена наличием твердых фаз Fe₃N и Fe₃C. Средняя интенсивность изнашивания карбонитрированных образцов в процессе испытаний составила 6,8 мкм/км, что значительно ниже, чем у закаленной стали 45 (11,5 мкм/км).