

Голуб В.М., Свищев М.А., Пучинский В.С., Голуб М.В.

ИСПЫТАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОРОШКОВ КАРБИДА ВОЛЬФРАМА И МЕДЬСОДЕРЖАЩЕЙ СВЯЗКИ ПРИ ТРЕНИИ

Подбор материалов фрикционной пары и ее способность работать длительный период времени в режиме сухого трения или дефицита смазки, является важной задачей машиностроения.

Фрикционный узел в процессе работы при высоких скоростях скольжения воспринимает как статические, так и динамические нагрузки и подвергается изнашиванию. На работу фрикционного узла влияет температурный режим, окружающая среда и наличие в ней абразива. Способность материалов поглощать или рассеивать тепловую энергию без катастрофического износа являются важной характеристикой фрикционной пары.

Фрикционные материалы должны сопротивляться термо-растрескиванию. На поверхности трения не должно возникать трещин в результате многократного колебания силового и теплового воздействия.

В рабочих средах в условиях плохой смазки нашли применение композиционные материалы и покрытия на основе карбида вольфрама и медьсодержащей матрицы [1,2].

Для решения прикладных задач триботехники, связанных с оптимизацией состава композиционных материалов, применительно к фрикционным устройствам, способных работать в сухом режиме трения и дефиците смазки, проведены их испытания.

1. СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ МАТЕРИАЛОВ НА ТРЕНИЕ И ИЗНОС

Разработан специальный стенд, позволяющий снимать триботехнические характеристики материалов пар трения. Основным узлом стенда является испытательная головка (рисунок 1). Испытательная головка содержит корпус 1 и шпиндель 2. Вал шпинделя закреплен на подшипниках 3 в корпусе 1. В камере испытательной головки установлена аксиально-подвижная втулка 4 с контактным кольцом 5. Вращающееся контактное кольцо 6 установлено в обойму 7, связанную с

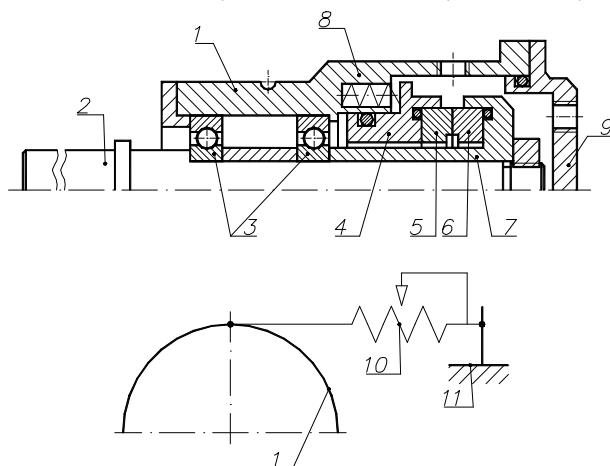


Рисунок 1. Схема стенда для испытания контактных колец на трение и износ

валом. Аксиально-подвижная втулка с контактным кольцом 5 поджата пружинами 8, равномерно расположенными по окружности. Усилие нагружения контакта определяется по величине сжатия пружин. Испытательная камера закрывается крышкой 9. Изменение частоты вращения шпинделя осуществляется через коробку передач станка, например, токарного, на котором устанавливается испытательная головка. Момент силы трения измеряется динамометром 10, прикрепленным к корпусу 1 головки тросиком через неподвижную стойку 11.

2. ТЕХНОЛОГИЯ НАНЕСЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ НА РАБОЧИЕ ПОВЕРХНОСТИ КОНТАКТНЫХ КОЛЕЦ ФРИКЦИОННОЙ ПАРЫ И ПОДГОТОВКА ОБРАЗЦОВ

Износостойкий слой наносится на рабочие поверхности стальных колец путем припекания разнородных порошков карбида вольфрама медьсодержащей связкой. Для этого применяются методы порошковой металлургии, газопламенного напыления, электродугового расплава под слоем флюса, индукционного и электроконтактного припекания [3].

В качестве шихты использованы смеси тонкодисперсных порошков карбида вольфрама с кобальтом (ВК-6, ВК-8 и др.) и литой карбид вольфрама (релит) с зернистостью 0,28...1,6 мм.



Рисунок 2. Микрофотография поверхности и структура композиционного материала (x 70) до испытания

После припекания износостойкого слоя проводится окончательная механическая обработка контактного кольца, при которой рабочая поверхность шлифуется и притирается алмазными пастами для достижения шероховатости $Ra \leq 0,16 \dots 0,3$ мкм и отклонением от плоскости 0,3...0,6 мкм.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

Испытанию были подвергнуты контактные пары, на тор-

Голуб Владимир Михайлович. Аспирант каф. «Машиноведения» Брестского государственного технического университета.

Свищев М.А. Аспирант каф. «Машиноведения» Брестского государственного технического университета.

Пучинский В.С. Доцент Белостокской политехники, РП.

Голуб Михаил Владимирович. Зав. каф. «Машиноведения» Брестского государственного технического университета.

БГТУ, Беларусь, г. Брест, ул. Московская 267.

цовой поверхности колец которых нанесены износостойкие слои путем припекания разнородных порошков карбида вольфрама и медьсодержащей связки при температуре ее плавления. В качестве матричной связки для колец первой пары трения принята медь, для колец второй пары – медно-никелевый сплав, с содержанием никеля 10% и для колец третьей пары медно-никелевый сплав с содержанием никеля 40%.

Перед испытаниями сняты профилограммы рабочих поверхностей, шероховатость которых составляла $Ra=0,21$ мкм. Микрофотография поверхности и структура материала рабочего слоя показаны на рисунке 2.

Испытания без смазки проводились при скорости скольжения 7 м/с и удельном нагружении контакта $P_{уд.} = 0,3$ МПа. Испытания пар трения проводились в течение 10 часов с периодическими пусками и остановками. Коэффициент трения контактных колец составил 0,2...0,3. Температура колец достигала 400°C. Шероховатость поверхностей после испытания увеличилась и составила для колец первой и второй пары трения $Ra = 1,5$ мкм, а для третьей пары трения – $Ra = 2,13$ мкм. Поверхности колец первой и второй пары трения не претерпели особых изменений (рисунок 3).

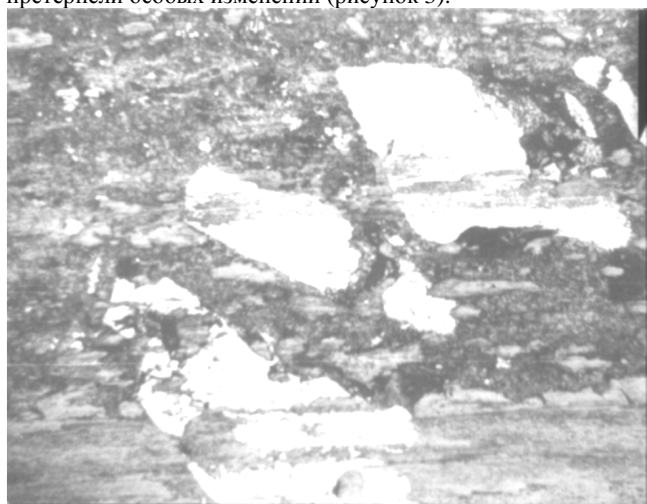


Рисунок 3. Контактная поверхность кольца с рабочим слоем на основе зернового карбида вольфрама и медьсодержащей матричной связки Cu – 100% (x200)

На рабочих поверхностях колец третьей пары, с повышенным содержанием никеля в матричной связке, отмечены микротрещины (рисунок 4). Более высокой стойкостью в режиме сухого трения обладают контактные кольца, рабочий слой которых выполнен на основе медной и медно-никелевой связки с небольшим содержанием никеля. Увеличение никеля в матрице снижает теплоотвод от поверхности контактных колец и при многоциклового микропластической деформации материала связки, с изменением температуры, приводит к возникновению микротрещин на поверхности контактных колец.

Исследованы контактные кольца пар трения в условиях абразивного воздействия.

В этом случае пары трения испытывались при подводе к контакту абразивной смеси (вода с тонкозернистым 0,05...0,065 мм кварцевым песком).

Получена зависимость интенсивности износа контактных колец от концентрации абразива в гидроабразивной смеси. С увеличением содержания абразива интенсивность износа рабочего слоя возрастает (рисунок 5).

В общем виде эта зависимость описывается уравнением:

$$u = k \cdot c^m$$

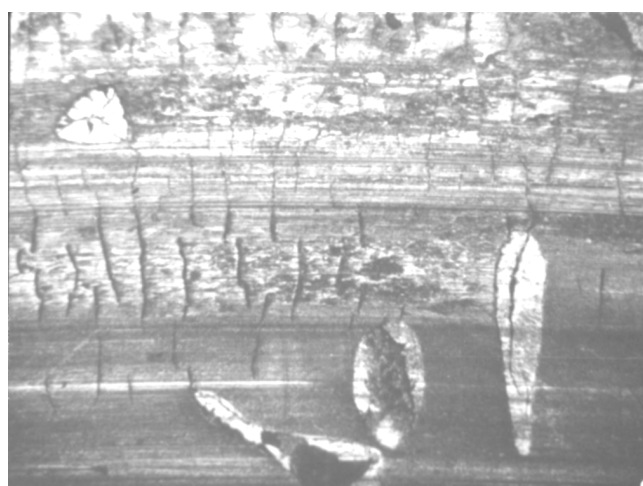


Рисунок 4. Контактная поверхность кольца с рабочим слоем на основе зернового карбида вольфрама и медно-никелевой матричной связки Cu – 60%; Ni – 40% (x200)

где

u – интенсивность износа, мкм/ч; c – концентрация абразива, %; k и m – коэффициенты, определяющие износные характеристики материалов контактных колец. В случае абразивного износа $m = 1$, а коэффициент k определяется тангенсом угла наклона кривой и для первой пары трения $k_1 = 0,15$; второй – $k_2 = 0,2$; третьей – $k_3 = 0,3$.

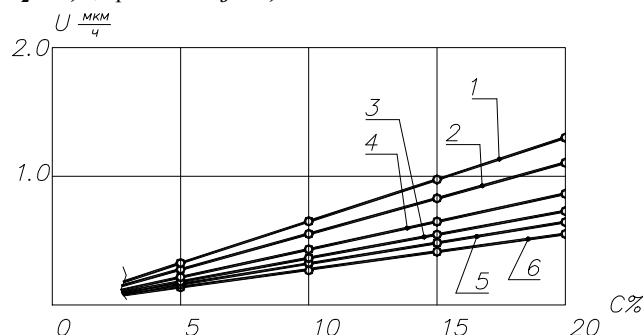


Рисунок 5. Зависимость интенсивности износа рабочего слоя от процентного содержания абразива в рабочей среде (вода): 1 и 2 – неподвижное и вращающееся контактные кольца первой пары трения; 3 и 4 – неподвижное и вращающееся контактные кольца второй пары трения; 5 и 6 – неподвижное и вращающееся контактные кольца третьей пары трения

Существенно изменяется и нагрузочная способность колец пары трения от концентрации абразива. Так, если контактная пара трения работает в воде без абразива, то ее нагрузочная способность достигает 1,2 МПа (рисунок 6). С повышением концентрации абразива нагрузочная способность пары трения снижается. Наличие абразива в жидкости до 10% снижает допустимую нагрузку на контакт почти в два раза. Диапазон допустимой нагрузки определяется относительной стабильностью наименьшей величины коэффициента трения. Скачкообразное увеличение коэффициента трения сопровождается схватыванием материала контактных поверхностей и интенсивным износом колец пар трения.

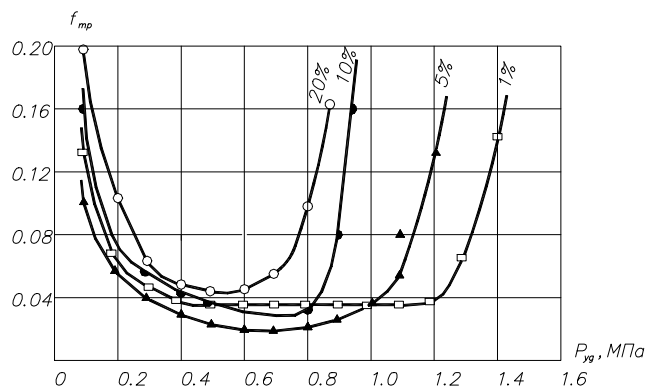


Рисунок 6. Зависимость коэффициента трения от удельного нагружения контактной пары трения и содержания абразивных частиц в гидросмеси

ВЫВОДЫ

1. Контактные кольца с износостойким рабочим слоем на основе разнозернистых порошков карбида вольфрама и

УДК 62-762

Голуб В.М., Голуб М.В., Свищев М.А., Холодарь Б.Г.

ТЕЧЕНИЕ ЖИДКОСТИ ЧЕРЕЗ УЗКИЕ ЩЕЛИ КОНТАКТНЫХ ПАР ТРЕНИЯ ТОРЦОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ

Выбор конструктивных параметров торцовых уплотнений валов гидромашин, работающих с высоким давлением перекачиваемой среды, определяется из условия минимального износа контактных колец и минимальной, практически нулевой, утечки уплотняемой среды через торцовую щель. Последнее может иметь место при оптимальном режиме трения контактирующих поверхностей, разделенных тонкой пленкой жидкости.

Различают три основных режима трения: жидкостной, граничный и сухой [2]. При жидкостном режиме трения отмечаются видимые протечки жидкости через щель, а сопротивление течению определяется вязкостью при смещении слоев по толщине разделяющей пленки. Такой режим обеспечивает большую долговечность по износостойкости пары трения, однако, не обеспечивает герметичности сопряжения. Величина утечки зависит от толщины разделительной пленки и перепада давления на контактной щели:

$$q = \frac{2\pi D}{3\mu L} h^3 \Delta p, \quad (1)$$

где

D – средний диаметр контактного кольца; μ – коэффициент динамической вязкости; L – ширина пояса (длина щели); h – половина высоты щелевого зазора; Δp – перепад давления на контактном поясе.

Для снижения утечки следует добиваться предельного уменьшения толщины пленки за счет приложения нагрузки на контактные кольца. Шероховатость и отклонение от плоскостности рабочих поверхностей должны составлять на порядок меньше толщины разделительной пленки. Режим трения при таких условиях оценивается как граничный. Характер-

медной матричной связки способны работать длительное время в сухом режиме трения.

2. Введение никеля в матричную связку износостойкого покрытия, наносимого на рабочие поверхности контактных колец, повышает его абразивную износостойкость.
3. Наличие абразива в рабочей среде, действующей на контакт пары трения, сужает диапазон допустимых нагрузок. Более интенсивному износу в абразивной среде подвергнуты вращающиеся кольца пар трения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Голуб М.В. Износостойкие композиционные материалы на основе карбида вольфрама, меди и никеля. - Долговечность трущихся деталей машин. - М.: «Машиностроение», 1985, вып. 1. с. 217-234.
2. Поляк М.С. Технология упрочнения. Т.1 – М.: «Машиностроение», 1995. – 832с.
3. Witalis Pyczynski, Michail V. Golub. Konstytuowanie i badanie warstwy wierzchniej uszczelnien pomp wirowych. – Budowa i eksploatacja maszyn, zeszyty naukowe, 6. Bialystok, 1998. – s. 127-133.

ным для него является то, что смазочное действие жидкости и ее течение становятся зависимыми не только от вязкости, но и от ее физико-химических свойств и поверхности контактных взаимодействующих молекул с твердым телом, от ее способности адсорбироваться на трущихся поверхностях, образуя граничные пленки. Такие разделительные адсорбированные пленки подвержены износу, однако в торцовом уплотнении существуют условия их самовосстановления.

Граничный режим характеризуется весьма малыми потерями на трение и практически отсутствием утечки, что является желательным к его поддержанию. При неблагоприятных условиях, с повышенной нагрузки и температуры на контакте, возможно разрушение разделительной пленки с переходом к сухому режиму трения, когда важную роль начинает играть материал колец пар трения и их способность работать без разрушения некоторое время при дефиците смазки.

В случае, когда контактирующие поверхности разделены жидкостной пленкой, решение задачи об утечке сводится к определению ее величины при ламинарном течении. Однако количественное описание протечки вязкой жидкости через узкие щели представляет определенные трудности. Анализ показывает, что модели, основанные на использовании ньютоновской жидкости и дающие для плоской щели кубическую зависимость расхода Q от величины зазора щели h , т.е. $Q \sim h^3$, не вполне соответствуют эксперименту. Уточнения достигаются при использовании моделей неньютоновских жидкостей [1-6]. Среди них имеются как модели, использующие зависимость вязкости от давления, температуры, скорости, так и модели комплексного типа, например модель тела Шведова-Бингама, в которой пристеночный слой уже не является собственно жидкостью, а

Голуб Владимир Михайлович. Аспирант каф. «Машиноведения» Брестского государственного технического университета.

Голуб Михаил Владимирович. Зав. каф. «Машиноведения» Брестского государственного технического университета.

Свищев М.А. Аспирант каф. «Машиноведения» Брестского государственного технического университета.

Холодарь Б.Г. Доцент каф. СМиТМ Брестского государственного технического университета.

БГТУ, Беларусь, г. Брест, ул. Московская 267.