

При испытании на срез разрушение соединения носило хрупкий характер. Трещина возникла в месте контакта с ножом и в дальнейшем развивалась по твердому сплаву на границе со сталью, что указывает на высокую прочность диффузионной зоны твердый сплав - сталь.

Достигая определенного значения, равного 200 МПа, прочность соединения перестает оказывать определяющее влияние на долговечность биметаллических зубков при ударном нагружении. Дальнейший рост прочности соединения не сопровождается увеличением долговечности и корреляция между данными характеристиками не наблюдается.

Прочность соединения твердого сплава со сталью при МТФ практически не уступает прочности соединения, полученного диффузионной сваркой ($\tau_{cp} = 392 - 450$ МПа), и пре-

восходит прочность при пайке ($\tau_{cp} = 169 - 219$ МПа). Это подтверждает возможность изготавливать биметаллические изделия методом электроконтактного механотермического формирования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Барило И. Г. Повышение износостойкости долот за счет использования комбинированных твердосплавных зубков: Автореферат дис. ... к.т.н., - М., 1975. - 20 с.
2. Диффузионная сварка материалов: Справочник. / Под ред. Н Ф. Казакова. - М.: Машиностроение, 1981. - 271 с.
3. Ключко Н. А. Основы технологии пайки и термообработки твердосплавного инструмента. - М.: Металлургия, 1981. - 206 с.

УДК 621.65/69.01

Голуб В.М.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ КОЛЕЦ ПАР ТРЕНИЯ ТОРЦОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ

Комбинирование различных веществ остается сегодня одним из основных способов создания новых материалов. Большинство современных конструкционных материалов, применяемых в узлах трения машин, представляют собой композиции, которые позволяют обеспечивать машинам заданные эксплуатационные свойства. Во всех случаях – это система разных компонентов, каждый из составляющих которой имеет свое конкретное назначение применительно к рассматриваемому готовому изделию. Совместная работа вводимых компонентов дает эффект, равносильный созданию нового материала, свойства которого количественно и качественно отличаются от свойств каждого из его составляющих.

К материалам колец пар трения торцовых уплотнений предъявляются высокие требования. Они должны сочетать в себе одновременно высокие антифрикционные свойства, теплопроводность и износостойкость. Одним из путей создания такого материала является использование составляющих, обладающих разными свойствами: высокая твердость элементов жесткого пористого каркаса, который заполняется пластичной связующей фазой. Твердая фаза обеспечивает высокую износостойкость и твердость, а связующая – обладает пластичностью, теплопроводностью и необходимыми антифрикционными характеристиками [1].

Для обеспечения однородности и дисперсности пропитки спрессованный каркас должен иметь тонкую равномерно распределенную по объему пористость, что достигается применением шихты из твердых порошков разной зернистости. На основании проведенных исследований подобран состав твердой фазы: релит ($WC+W_2C$) зернистостью 0,18 – 0,65 мм (содержание в шихте 60 – 80%) и тонкодисперсный порошок смеси карбида вольфрама и кобальта ВК-6 (содержание в шихте 20 – 40%).

Приведенный состав позволяет получать композиционный материал, наносимый на контакт пар трения, обладающий определенными антифрикционными свойствами, которые обеспечиваются за счет рационального выбора состава пропитки. Анализ физико-механических свойств состава пропитки позволяет выделить ряд элементов, комбинации которых обеспечивают требуемые свойства связующей фазы. Это медьсодержащие сплавы, включающие в свой состав: никель, марганец, хром, бор, кремний фосфор и др. [2].

В качестве связующей фазы, возможно, использовать и готовые пропиточные сплавы – припои, выпускаемые промышленностью, с содержанием требуемых компонентов в определенном соотношении, такие как: ВПр-4, ЛМНЦ-60-90-5 и др. Пропитка проводится в восстановительной или защитной атмосфере.

Выявление износных характеристик пар трения в рабочих абразивосодержащих средах выполнялись на специальном стенде [3], позволяющем изменять нагружение контакта пары трения, частоту вращения и концентрацию абразива.

Испытывались одноименные пары трения из: силицированного графита (СПП) – эталон; композиционной наплавки из разнозернистых порошков карбида вольфрама с медноникелевой пропиткой (ТМ-1); композиционной наплавки из разнозернистых порошков карбида вольфрама с пропиткой сплавом ВПр-4 (ТС); композиционной наплавки из порошков ВСНГН. Переменными факторами были процентное содержание абразива в жидкости и время испытаний.

Исследование влияния крупности абразивных частиц на износ материалов колец было проведено на паре трения СПП. Для этого были применены фракции кварцевого песка А2К 0315Б ГОСТ 2138-74 крупностью: менее 0,050 мм; 0,050 – 0,063 мм; 0,063 – 0,100 мм; 0,100 – 0,315 мм. Концентрация абразива в гидросмеси принималась 5% от объема.

Отмечен максимальный износ пары трения при крупности абразивных частиц 0,100 мм и менее, т.е. чем меньше размер абразивных частиц, тем больше износ. Износ при большей крупности абразивных частиц изменяется очень медленно.

Наибольший износ колец отмечается при крупности абразивных частиц менее 0,050 мм в гидросмеси, соизмеримых с величиной щелевого зазора пары трения, что дает основание проводить сравнительные эксперименты в гидросмеси с такой крупностью абразивных частиц. Процентное содержание абразива изменялось от 1 до 20% (рисунок. 1).

Из рисунка 1 видно, что скорость износа колец пары трения ТМ-1 в 2 раза меньше, чем ТС и почти в четыре раза меньше, чем колец СПП.

На рисунке 2 представлена фотография контактного кольца с износостойким покрытием рабочей поверхности композиционным материалом из разнозернистых порошков карбида вольфрама и медьсодержащей матричной связки после испытания в течении 14 часов работы на стенде в гидроабразивной среде.

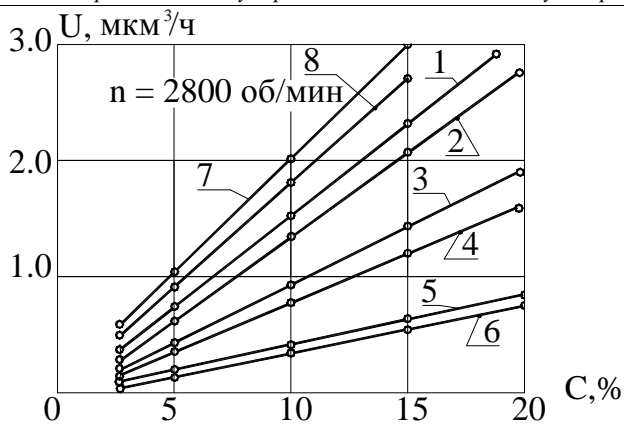


Рисунок 1 – Зависимость скорости объемного износа от процентного содержания абразивных частиц в гидромеси для пар трения:

1, 2 – СГП – СГП; 3, 4 – ТС – ТС; 5, 6 – ТМ-1 – ТМ-1; 7, 8 – ВСНГН; 1, 3, 5, 7 – для вращающихся колец; 2, 4, 6, 8 – для невращающихся колец.

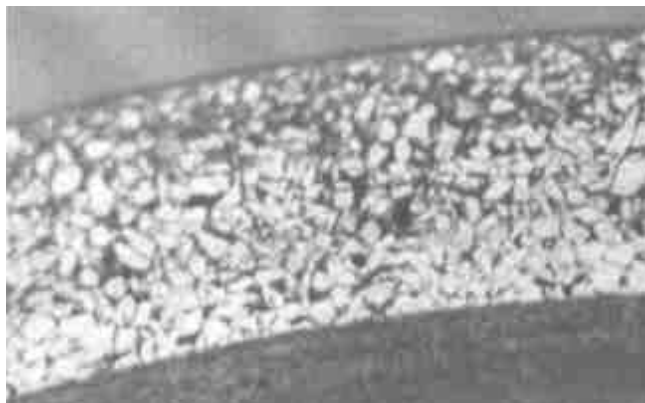


Рисунок 2 – Рабочая поверхность контактного кольца торцового уплотнения после испытания в гидроабразивной среде.

Отмечен износ матричной связки между зернами карбида вольфрама. Снятые профилограммы (рисунок 3) подтверждают значительные нарушения микрогеометрии поверхности трения. В отдельных местах отмечен процесс выскабливания абразивными частицами матричной связки.

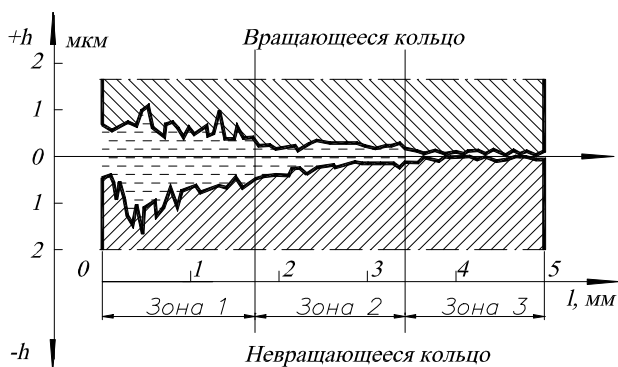


Рисунок 3 – Профилограммы контактных поверхностей колец пар трения торцовых уплотнений в сопряжении.

Процесс износа протекает в несколько этапов. В начальный период, когда происходит приработка поверхностей трения, контактные поверхности подвергаются гидроабразивному износу со стороны движущихся в жидкости абразивных

частиц. При этом абразивные частицы, обладающие значительной кинетической энергией, разрушают внешнюю кромку стыка контактных поверхностей, создавая благоприятные условия для закрепления отдельных частиц на поверхностях трения. Закрепившиеся абразивные частицы, размером сопоставимы с высотой щели между контактными поверхностями, производят многочисленные акты микрорезания по связующему материалу, выскабливая его и вынося вместе с продуктами износа, обнажая зерна карбида вольфрама.

Абразивные частицы, попавшие в щель, размалываются твердым каркасом на более мелкие и изнашивают контактные поверхности, придавая им характерную клиновидность. На поверхности трения по ширине контактного пояса четко выделяются при этом три зоны: 1 – зона наружной кромки, где имеет место гидроабразивный износ; 2 – зона износа полужакопленным абразивом с выраженной клиновидностью поверхности контактного пояса, связанной с уменьшением зернистости движущихся абразивных частиц по ширине контактного пояса в результате размала; 3 – зона износа, возникающая в результате взаимодействия поверхностей трения с разделительной пленкой жидкости без участия абразивных частиц. Герметичность колец контактной пары нарушается при прорыве абразива в эту зону, так как происходит полное разрушение микрогеометрии контактирующих поверхностей. В ряде случаев зона 1 и зона 2 сливаются (рисунок 3) и износ контактных поверхностей происходит полужакопленным абразивными частицами. Особенно характерно такое разрушение контактных поверхностей происходит при внутреннем подводе уплотняемой гидроабразивной среды, когда на перемещение абразивных частиц воздействуют центробежные силы.

Наличие абразива в рабочей среде существенно снижает допустимые значения нагрузки на контакт пары трения и pv -фактор.

На рисунке 4 представлена зависимость коэффициента трения $f_{тр}$ пары ТМ-1 от удельного нагружения контакта при различной концентрации абразива в жидкости.

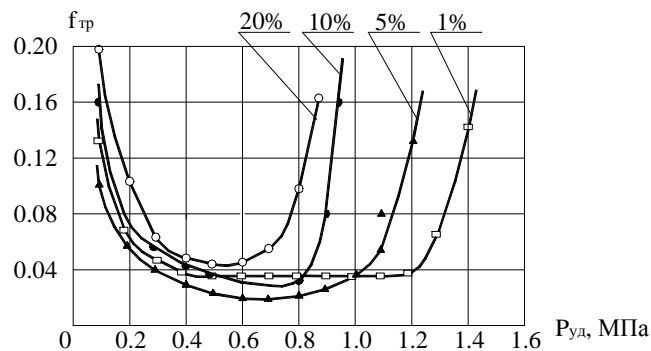


Рисунок 4 – Зависимость коэффициента трения от удельного нагружения контакта пары трения ТМ-1 по ТМ-1 и содержания абразивных частиц в гидромеси.

Так, если для пары трения ТМ-1 при работе в воде или нефти без механических примесей нагрузочная способность определяется достижением удельного нагружения контакта до 1,2 МПа, $pv=12$ МПа·м/с, то при содержании абразива в них диапазон критической удельной нагрузки и pv -фактор резко снижается. Наличие абразива в жидкости до 10% снижает допустимые нагрузки на контакт почти в два раза. Диапазон допустимой нагрузки определяется относительной стабильностью наименьшей величины коэффициента трения. Скачкообразное увеличение коэффициента трения сопровождается схватыванием материалов контактных поверхностей и интенсивным износом колец.

Таблица 1 – Влияние состава шихты на твердость и износостойкость композиционного материала.

№ образца	Состав шихты, % от массы	Состав пропиточного материала	Твердость HRA	Скорость изнашивания в гидроабразивной среде, мм ³ /ч	Кэф. трения f	Скорость изнашивания пары трения со смазкой водой, мм ³ /ч	Кэф. трения f
1.	100 ВК6	90 Cu+10 Ni	65	0,5	0,08	0,03	0,04
2.	30 релит+70 ВК6	90 Cu+10 Ni	75	0,25	0,05	0,027	0,03
3.	70 релит+30 ВК6	90 Cu+10 Ni	80	0,18	0,04	0,023	0,03
4.	100 релит	90 Cu+10 Ni	72	0,35	0,06	0,027	0,04

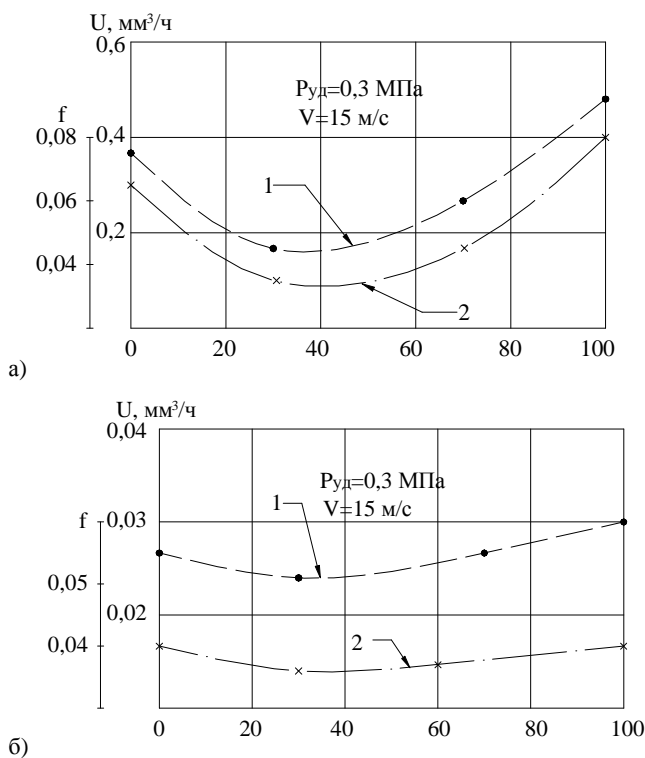


Рисунок 5 – Зависимость скорости изнашивания 1 и коэффициента трения 2 композиционных материалов от состава шихты и пропиточного сплава в одноименной паре: а) при трении в гидроабразивной среде с концентрацией абразива 10%; б) при трении в воде.

Влияние состава шихты и пропиточного материала на твердость, износостойкость и антифрикционные характеристики композиционного покрытия контактных поверхностей трущихся колец, приведены в таблице 1 и на рисунке 5. Отмечено, что композиционный слой, у которого шихта выпол-

нена из зернового (0,45...0,65 мм) карбида вольфрама и тонкозернистой (0,5...10 мкм) смеси карбида вольфрама и кобальта (ВК-6) пропитанного медно-никелевым материалом (90% Cu; 10% Ni), обладает повышенными характеристиками по износостойкости и антифрикционности. Оптимальный состав шихты составляет 70% зернового карбида вольфрама и 30 % тонкодисперсного порошка ВК-6.

ВЫВОДЫ

Анализируя зависимость $f = \varphi(p_{уд})$ можно сделать выводы:

1. Надежная, в некоторой степени, работа пары трения из твердых материалов в абразивной гидросмеси возможна при $p_{уд} \leq 6$ МПа·м/с и внешнем подводе уплотняемой среды.
2. На износ материалов колец пары трения существенное влияние оказывает тонкая фракция абразивных включений рабочей среды.
3. Защита пары трения возможна путем выбора твердых материалов и установки специальных фильтров в узлах 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. Голуб В. М., Плескачевский Ю.М. Износостойкие покрытия рабочих поверхностей колец пар трения торцовых уплотнений на основе разнозернистых порошков карбида вольфрама. // Материалы, технологии, инструменты, Т.6, №4, 2001. – С. 29-32.
3. Голуб М.В., Голуб В.М., Шаповал Ф.И. Методики оценки влияния температур уплотняемой среды на триботехнические характеристики. Труды X научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов. Часть 1. Брест. 1998. – С. 48-50.

УДК 621.833

Басинюк Я.В.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВИБРОДИАГНОСТИКИ И ВИБРОМОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ВВЕДЕНИЕ

Вибродиагностика относится к одному из наиболее удобных, относительно доступных и эффективных средств оценки и мониторинга технического состояния передач зацеплением, рассматривающая трансмиссию как объект в целом [1] или отдельные зубчатые колеса и пары зубьев [2-4]. При этом анализируются изменения спектров или кепстров вибраций

[1], связанные с возникновением дефектов на зубчатых колесах, собственных частот колебаний парциальных контуров, образованных находящимися в зацеплении зубьями [2,3] и амплитудных значений вибрационного сигнала [4].

При реализации приведенных выше способов вибродиагностики каждое зубчатое колесо или зубчатая пара контролируются отдельно. Обработка полученных результатов, как

Басинюк Ярослав Владимирович. Инженер - систематехник, соискатель ИИДМАШ НАН Беларуси.