

## ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ И ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ НА ИЗНАШИВАНИЕ ПРЕЦИЗИОННЫХ УЗЛОВ ТРЕНИЯ

А. В. Потеха

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель М. П. Кульгейко

Факторы, связанные с технологией изготовления и эксплуатацией узлов и деталей машин, в значительной степени определяют их качество и надежность [1]–[3]. Весьма значительным достижением в трибологии явилось введение и обоснование П. И. Ящерицыным и Ю. В. Скорыниным понятий «технологическая и эксплуатационная наследственность», и установление их связи с долговечностью машин [4], [5]. Это позволило не только предложить вполне конкретные рекомендации по выбору наиболее выгодных сочетаний финишных операций и рациональных конструкций узлов трения, но и с учетом этих факторов повысить объективность информации, получаемой в процессе трибологических испытаний (диагностики) трущихся сопряжений. Особую актуальность в настоящее время приобретают исследования так называемых прецизионных узлов трения, т. е. узлов в которых предельная величина износа и характеристики шероховатости поверхностей деталей являются величинами одного порядка.

Цель работы – исследование влияния технологической и эксплуатационной наследственности на изнашивание прецизионных металлополимерных узлов трения.

Методика исследований предусматривала проведение испытаний сопряжений по схеме вал-вкладыш на машинах трения СМТ-1, оснащенных трибодилатометром модели PCLW-02 [6]. В качестве элементов исследованных трибосистем использовались ролики, изготовленные из стали 45 (ГОСТ 1050-74), имевшие внешний диаметр 40 мм, толщину 12 мм и посадочное отверстие диаметром 16 мм. Вкладыш представлял собой 1/6 часть кольца, имеющего внутренний диаметр 40 мм, внешний – 60 мм и толщину – 10 мм и был изготовлен из композиционного полиамида (полиамид ПА-6 + 5 масс. % полиэтилена).

Результаты исследований и их обсуждение.

Исследования позволили установить, что когда нагрузочно-скоростные условия испытаний соответствовали условиям предшествовавшей приработки узлов, форма термоизносной характеристики состояла из трех отчетливо выраженных характерных участков. На первом участке происходит увеличение размеров трибосистемы, в первую очередь вследствие тепла, выделяющего при трении элементов трибосистемы. Для второго участка характерна стабилизация размеров испытываемого узла трения. На третьем участке в условиях постоянных условий испытаний происходит уменьшение размеров трибосистемы вследствие ее изнашивания. В том случае, когда условия испытаний отличались от условий приработки узлов трения ( $P = \text{const}$ ,  $V = \text{var.}$ ), термоизносная характеристика изменяла свою форму (рис. 1). Изменение формы отмечено на первом и втором участках термоизносной характеристики. Можно предположить существование связи между условиями испытаний/приработки узлов трения и степенью изменения формы термоизносной характеристики.

Кроме того, полученная при высокой чувствительности трибодилатометра термоизносная характеристика, фактически состояла из последовательно чередующихся циклов износа и дилатации сопряжений. Для пары сталь – композиционный поли-

амид, амплитуда этих циклов равняется нескольким микрометрам, а их продолжительность находилась в пределах от долей до нескольких кс.

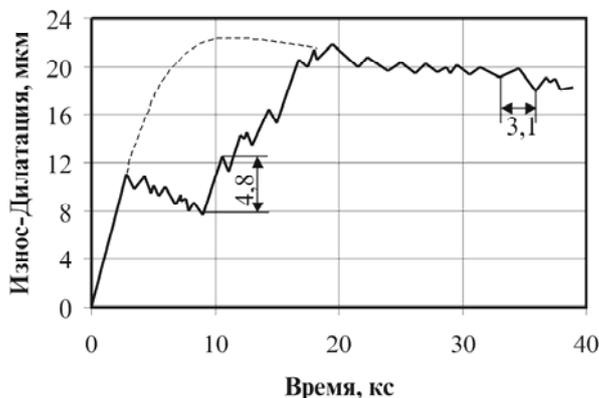


Рис. 1. Термоизносная характеристика сопряжения сталь-композиционный полиамид: давление – 0,25 МПа, приработка и испытания сопряжений, соответственно, при скоростях 0,21 и 0,27 м/с,  $R_a = 0,37$  мкм

Проведенные исследования позволили получить дополнительные данные, подтверждающие взаимную связь износа трибосистем, формы термоизносных характеристик и нагрузочно-скоростных режимов их приработки / испытаний (рис. 2).

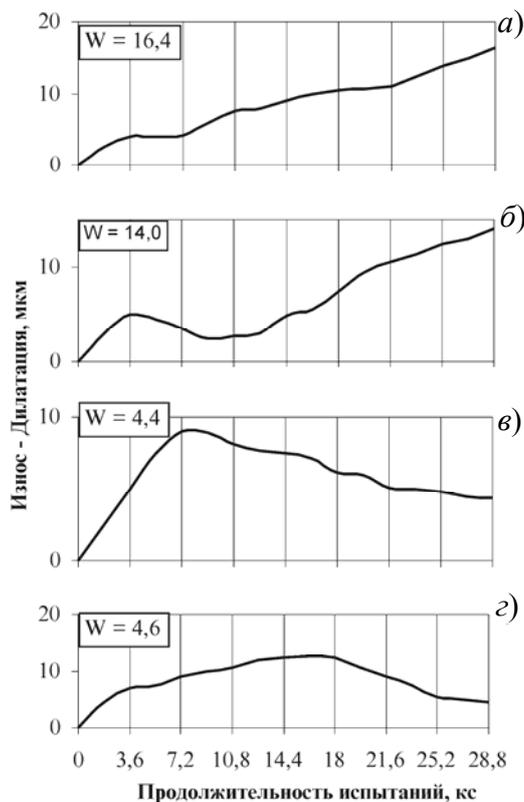


Рис. 2. Влияние времени испытаний на характер изменения термоизносных характеристик и износ сопряжений сталь – композиционный полиамид: а-г – последовательные испытания узла трения; режимы приработки: 0,5 МПа и 0,21 м/с; испытаний: 0,25 МПа и 0,21 м/с;  $R_{a \text{ ст. вала}} = 0,37$  мкм

Анализ данных, представленных на рис. 2, позволяет сделать следующие выводы. Испытания при давлении, отличающемся от того, при котором осуществлялась приработка трибосопряжений, не обеспечивают получение во время первых из серии нескольких последовательных тестов одной и той же пары трения стабильных термоизносных характеристик. Под стабильной термоизносной характеристикой мы понимаем такую, которая имеет четко обозначенный во времени период, свидетельствующий о стабилизации теплового состояния (линейного размера) трибосистемы. За ним следует период квазистационарного изнашивания при установившемся тепловом состоянии узла трения. Как видно из представленных на рис. 2 данных, стабильная термоизносная характеристика была получена во время четвертого испытания. Параметры этой характеристики (величина максимальной дилатации, время выхода в режим квазистационарного теплового состояния, величина износа за цикл испытаний) были практически идентичными во время четвертого, пятого и последующих тестов.

Стабилизация формы термоизносной характеристики, по нашему мнению, должна рассматриваться как свидетельство стабильного состояния свойств тонких поверхностных слоев материалов, участвующих в трении. Подтверждением этому являются значения износа сопряжений, полученные после завершения каждого последовательного испытания узлов.

Вместе с тем, результаты экспериментов (рис. 2) позволяют оценить толщину поверхностного слоя полимерного подшипника скольжения, хранящего предысторию (эксплуатационную наследственность) приработочного режима или режима предыдущего испытания. Простое суммирование величин износов последовательных испытаний, термоизносные характеристики которых приведены на рис. 2, показывает, что оно имеет величину от 35 до 40 мкм. Представляется, что методическое развитие этих экспериментальных исследований может привести к созданию ряда оригинальных методик анализа тонких поверхностных слоев трибоматериалов. При создании методик целесообразным представляется использование феноменологической модели фрикционного контакта, использующей данные трибодилатометрических экспериментов [7].

#### Л и т е р а т у р а

1. Демкин, Н. Б. Качество поверхности и контакт деталей машин / Н. Б. Демкин, Э. В. Рыжов. – Москва : Машиностроение, 1981. – 244 с.
2. Сулима, А. М. Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей машин / А. М. Сулима, В. А. Шулов, Ю. Д. Ягодкин. – Москва : Машиностроение, 1988. – 240 с.
3. Кузнецов, Н. Д. Технологические методы повышения надежности деталей машин: справочник / Н. Д. Кузнецов, В. И. Цейтлин, В. И. Волков. – Москва : Машиностроение, 1993. – 304 с.
4. Ящерицын, П. И. Работоспособность узлов трения машин / П. И. Ящерицын, Ю. В. Скорынин. – Наука и техника, 1984. – 288 с.
5. Ящерицын, П. И. Технологическая и эксплуатационная наследственность и ее влияние на долговечность машин / П. И. Ящерицын, Ю. В. Скорынин. – Минск : Наука и техника, 1978. – 120 с.
6. Потеха, А. В. Новая конструкция устройства для трибомониторинга изнашивания прецизионных узлов трения с учетом их дилатации / А. В. Потеха, В. Л. Потеха // Трение и износ. – 2005. – Т. 26. – № 3. – С. 332–337.
7. Потеха, В. Л. Использование результатов трибодилатометрических испытаний для уточнения свойств модели фрикционного контакта твердых тел // Тез. докл. междунар. науч.-техн. конф. / В. Л. Потеха, А. В. Потеха. – Гомель : ИММС НАНБ, 2005. – С. 234–235.