

УДК 621.791.75.042

Бережная Е. В., Чепель Ю. А., Кассов В. Д.

МИКРОКОНТРОЛЛЕРНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ИНТЕНСИВНОСТИ ИЗНОСА НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА

Одним из важных вопросов материаловедения, трибологии и износостойкости является проблема корректного и адекватного прогнозирования срока службы сталей и сплавов при их эксплуатации [1, 2]. При решении задач по уменьшению интенсивности разрушения целесообразно применять комплексное исследование как химического, структурного состава и свойств наплавленного металла, так и минералогического состава и свойств абразивной среды в единой трибосистеме взаимодействия внешних условий – температуры, давления, скорости, характера контакта абразивных тел на рабочую поверхность детали [3]. Таким образом, необходимо использовать системный многокритериальный анализ, основанный на комплексном учете триботехнических параметров изнашивания, эксплуатационных параметров, металловедческих параметров наплавленного металла, экономических параметров повышения срока службы и технологических параметров обработки восстанавливаемых деталей [4]. В этой связи при сборе и обработке статистических данных об износе деталей необходимо правильно выбирать периодичность и объем контроля, а также мерительный инструмент. Измерения износа образцов позволяют прогнозировать ресурс трущихся деталей машин при эксплуатации, планировать время ремонта, замен и восстановления деталей [5]. Получить большой объем экспериментальной информации о ряде материалов и их состояний в процессе износа (вязкости разрушения поверхностных слоев; энергии поверхностного разрушения; скорости роста поверхностных трещин; плотности поверхностных дефектов; остаточных напряжениях и др.) позволяет применение триботехнических комплексов [6].

Цель работы – разработка микроконтроллерной системы мониторинга триботехнических параметров наплавленного металла деталей, работающих в условиях интенсивного абразивного износа.

В лабораторных условиях на базе существующей машины трения разработан исследовательский триботехнический комплекс, в котором машина трения оснащена универсальным программно-аппаратным устройством – модулем Е-440. Его функциональное назначение – ввод, вывод и обработка аналоговой и цифровой информации. Связь универсального программно-аппаратного устройства с IBM PC совместимым компьютером осуществляется с помощью USB шины. Включение модуля Е-440 значительно повышает эффективность управления параметрами нагружения испытываемых образцов и позволяет осуществлять сбор, хранение и обработку измеренных в ходе эксперимента характеристик. Модуль Е-440 является современным универсальным программно-аппаратным устройством для использования со стандартной последовательной шиной USB и предназначен для построения многоканальных измерительных систем ввода, вывода и обработки аналоговой и цифровой информации в составе персональных IBM-совместимых компьютеров. Помимо того, что данный модуль можно рассматривать в качестве достаточно недорогого компактного устройства многоканального сбора информации, он, в тоже время, представляет из себя законченную систему с собственным процессором, позволяющую реализовать собственные специализированные алгоритмы обработки сигналов на уровне программирования установленного на модуле современного цифрового сигнального процессора (DSP) фирмы Analog Devices.

Разработанная система автоматизированного управления машиной трения (рис. 1) при помощи модуля Е-440, программно управляемого с персонального компьютера, позволяет систематизировать и анализировать данные, полученные в результате триботехнических исследований.

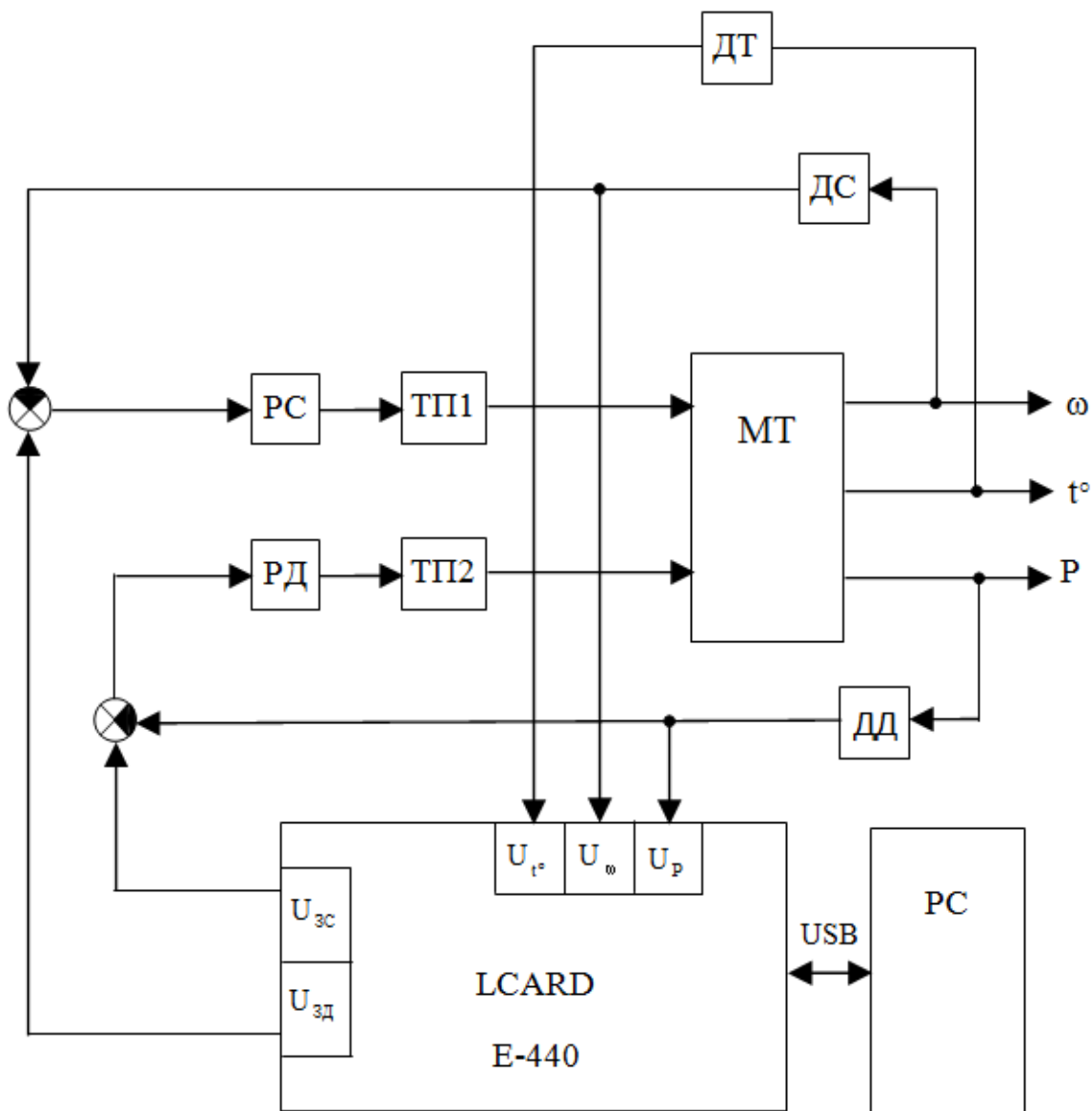


Рис. 1. Структурная схема системы управления машиной трения:

РС – регулятор скорости; ТП1 – тиристорный преобразователь двигателя; ДТ – датчик температуры; ДС – датчик скорости; РД – регулятор давления; ТП2 – тиристорный преобразователь магнита; ДД – датчик давления; МТ – машина трения; LCARD – модуль E-440; PC – персональный компьютер

Модуль E-440 обладает следующими функциональными характеристиками:

- шина USB;
- современный цифровой сигнальный процессор ADSP-2185M фирмы Analog Devices, Inc. с тактовой частотой работы 48 МГц;
- 16 дифференциальных каналов или 32 канала с общей землей для аналогового ввода с возможностью автоматической корректировки нуля;
- максимальная частота работы 14-ти битного АЦП – 400 кГц;
- два входа для внешней синхронизации при вводе аналогового сигнала;
- порт цифрового ввода/вывода, имеющий 16 входных и 16 выходных линий;
- два канала аналогового вывода 12-ти битного ЦАП с максимальной суммарной частотой 125 кГц (ЦАП устанавливается по требованию);
- максимальная пропускная способность по шине USB – не более 500 кСлов/с.

По мере износа испытуемых образцов усилие на датчик давления ослабевает. С целью поддержания его постоянным, система управления настраивается таким образом, чтобы при уменьшении давления образца на абразивный материал за счет увеличения напряжения магнита это давления приводилось к первоначальному значению. Кроме того, система управления позволяет контролировать и поддерживать на определенном уровне температуру испытуемых образцов. В зависимости от текущей температуры образцов в автоматическом режиме может изменяться скорость электродвигателя.

В рамках испытаний исследовательского триботехнического комплекса были проведены сравнительные исследования, в которых моделировались условия абразивного износа наплавленных образцов. Проводили электроконтактную наплавку различными износостойкими материалами. Исследования показали, что испытуемая поверхность образцов, наплавленная ПЛ Q-6 на основе релита, разрушается равномерно, в то время как сплав сормайт изнашивается избирательно, отдельными участками (рис. 2).

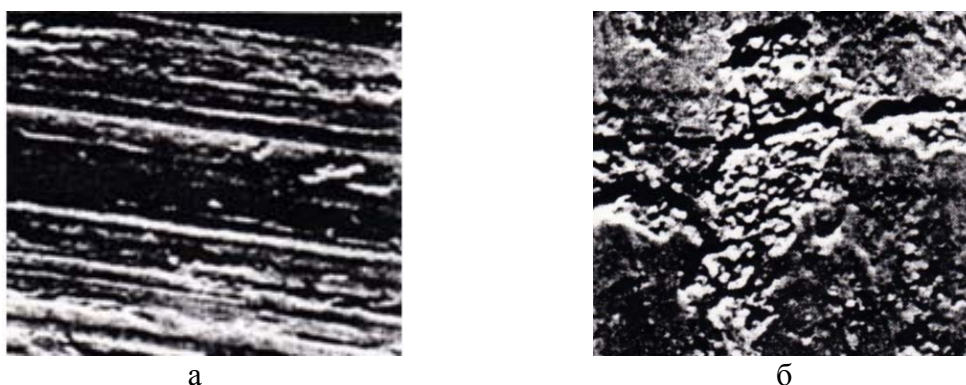


Рис. 2. Образцы, наплавленные композиционным сплавом (а) и сплавом сормайт (б), после испытаний на абразивный износ

Сравнительные испытания показали, что износостойкость образцов, наплавленных композиционным сплавом с применением порошковых лент, в 1,6 раза выше, чем образцы, наплавленные сплавом сормайт (рис. 3).

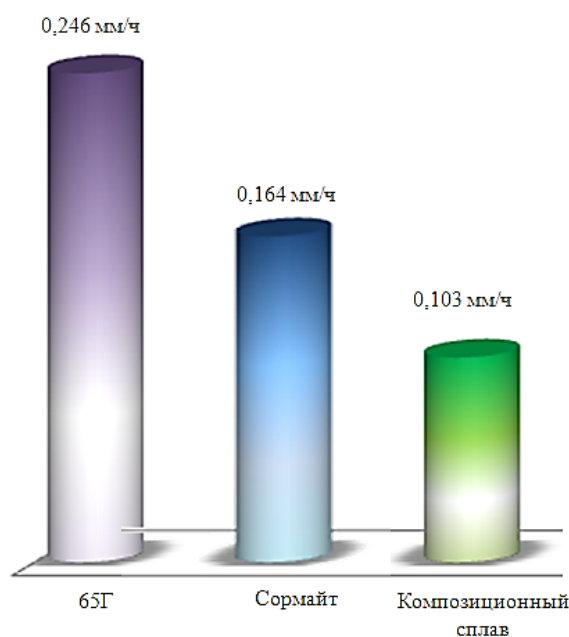


Рис. 3. Скорость изнашивания образцов при угле заточки образца 60° в абразивной среде

Такое различие в износе исследуемых образцов можно объяснить за счет различных условий формирования структуры, особенно ее составляющих. Структура композиционного сплава состоит из частиц релита, которые обладают более высокой износостойкостью, чем износостойкая фаза в сплаве сормайт. Кроме того объемная концентрация частиц релита в наплавленном слое более высокая и они равномернее распределяются в наплавленном слое.

Установлено, что при износе композиционного сплава абразивной средой (электрокорунд нормальный 12А по ГОСТ 3647-71) вначале удаляется матрица. Износ матрицы композиционного сплава происходит, пока размер абразивных частиц не станет больше расстояния между частицами релита. После этого абразивные частицы контактируют с частицами релита, защищая от взаимодействия матрицу, что обеспечивает равномерное разрушение поверхности.

В ходе работы исследовалось также влияние на износостойкость особенностей изготовления наплавочного материала. Исследования показали, что отношение размера частиц матрицы к наполнителю целесообразно выбирать в пределах 0,2–0,4. Это приводит к получению наиболее плотной упаковки сердечника с минимально возможной исходной пористостью сердечника 35–37 %.

При остаточной пористости, отрицательно влияющей на прочность закрепления, возможно окисление поверхности и выстлание на поверхности матрицы WC + W₂C. Рост пористости от 0,2 до 5 % вызывает значительное (в 1,5–2 раза) падение износостойкости.

Скорость линейного изнашивания образцов, наплавленных ПЛ Q-6, содержащей в шихте частицы WC + W₂C осколочной формы, составила 0,196 м/ч, слоя с частицами сферической формы – 0,103 м/ч.

ВЫВОДЫ

Предложена и реализована на практике микроконтроллерная система мониторинга интенсивности износа наплавленного металла, применение которой, благодаря использованию модуля LCARD E-440, совместимого с персональным компьютером, позволяет систематизировать и анализировать данные, полученные в результате триботехнических исследований как при постоянном усилии и температуре образцов, так и при переменных, задаваемых программно параметрах трения. Ее применение с научной целью позволяет уточнить параметры при многокритериальной оптимизации состава износостойких сплавов в системе «среда – условия эксплуатации – наплавленный материал» с учетом реальных условий эксплуатации восстановленных деталей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ярославцев В. М. *Общий подход к оценке параметров качества изделия при восстановлении* / В. М. Ярославцев, Н. А. Ярославцева // *Наука и образование*. – 2012. – № 5. – С. 18–23.
2. Bhushan B. *Introduction to tribology* / B. Bhushan. – New York : John Wiley & Sons. – 2002. – 732 p.
3. Попов С. Н. *Проблемы системного многокритериального анализа износостойкости сталей и сплавов* / С. Н. Попов, Д. А. Антонюк // *Нові конструкційні сталі та стопи і методи їх обробки для підвищення надійності та довговічності виробів* : зб. наук. пр. IX міжнар. наук.-техн. конф. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2003. – С. 23–26.
4. Бережная Е. В. *Перспективные направления снижения затрат на восстановление деталей, работающих в условиях абразивного износа* / Е. В. Бережная // *Бюджетно проблемите на световната наука – 2009* : матер. за V междунар. науч.-практ. конф. – София : «Бял ГРАД-БГ» ООД, 2009. – С. 11–13.
5. Брыков М. Н. *Оптимальная схема стандартных испытаний металлических материалов на изнашивание закрепленным абразивом* / М. Н. Брыков // *Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні*. – 2003. – № 1. – С. 86–89.
6. *Новые измерительно-вычислительные комплексы оценки характеристик качества поверхностного слоя деталей машин* / [Д. В. Васильков, В. М. Петров и др.] // *Трение износ, смазка*. – 2004. – № 2. – С. 11–13.