УДК 620.179.14/15

УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТАЛОСТНОЙ ДЕГРАДАЦИИ СТАЛИ

Бусько В.Н., Венгринович В.Л., Винтов Д.А.

Институт прикладной физики НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

Усталость, как физическое явление, обусловленное действием на металл переменных нагрузок, характеризует его прочность и долговечность [1]. Усталостная деградация (УД) металла представляет собой процесс снижения основных физико-механических характеристик в результате его циклического нагружения. Поэтому исследование и разработка методов и средств неразрушающего контроля (НК) УД с помощью физических методов относится к важным направлениям и задачам не только физики, НК, материаловедения, но и приборостроения. Очевидно, что без разработки методик и соответствующего лабораторного оборудования для испытаний образцов на усталость не представляется возможным достоверно оценить степень УД как критерия прогнозирования долговечности металла.

В ИПФ НАН Беларуси разработано устройство для испытаний плоских образцов на усталость, которое позволяет создавать в образце циклические изгибные напряжения с различных форм, амплитуд и коэффициентов асимметрии циклов нагружения [2], создан также ряд магнитошумовых приборов, сенсорных устройств, методик испытаний и программное обеспечение для исследования напряженно-деформированного состояния ферромагнитных изделий [3-4]. Использование в комплексе перечисленного выше оборудования позволило создать установку для исследования усталостной деградации металла. Структурная схема установки приведена на рис. 1.

Работа установки осуществляется следующим образом. Испытуемый плоский образец прямоугольного сечения с регламентируемыми по ГОСТ размерами и формой устанавливают в узел защемления лабораторной изгибной установки **I** (выделена на рис.), размещенном на станине. С помощью электродвигателя, на валу которого расположен специальный диск с установленным на нем силовозбудителем в виде двух подшипников качения, в образце создаются знакопеременные напряжения растяжения и сжатия, амплитуда которых, а также коэффициент асимметрии цикла напряжений, могут изменяться в широких пределах. После каждого этапа циклирования на образец в зону образования усталостных трещин устанавливался преобразователь Баркгаузена (ПБ) накладного типа и производилось измерение магнитного шума (МШ) магнитошумовыми анализаторами, измеряющими интенсивность МШ или число скачков намагниченности. Измеряемый аналоговый сигнал поступает на АЦП, где проходит предварительную обработку (усиление, подавление помех) и с помощью специального программного обеспечения преобразовывается в цифровую форму со следующими параметрами: частота дискретизации 1 МГц, число выборок 200, длина выборки 65536. Оцифрованный сигнал поступает в компьютер, где отображается на дисплее в удобном для пользователя виде с помощью специального программного обеспечения. Разработанная программа позволяет измерять основные параметры полезного сигнала (магнитного шума) в реальном режиме времени, включая спектральную плотность мощности МШ, его частотный спектр и огибающую, длительность, а также фрактальную размерность. Сущность фракталов при анализе текущего состояния металла состоит в том, чтобы с помощью данной обработки МШ найти такой количественный параметр или критерий, который повысил бы чувствительность выбранного информативного параметра (МШ), к степени усталостной деградации.

На рис. 2 как пример реализации лабораторного комплекса при исследовании многоцикловой усталости представлена экспериментальная зависимость влияния количества циклов изгибных напряжений **N** на интенсивность **Uэф** МШ, полученная на образце стали Ст. 3. Из рис. 2 видно, что зависимость **Uэф** от **N** характеризует многостадийность процесса накопления УД и состоит из чередующихся между собой стадий упрочнения и разупрочнения металла. Сложный характер зависимости отражает процесс взаимодействия междоменных границ между собой и дефектами решетки, возникающими в процессе усталостной деградации. Наличие резкого максимума на представленной на рис. 2 кривой, подтвержденного оптическим методом, характеризует начало образования в образце микротрещин. На основании вышеизложенного можно считать, что разработанная лабораторная установка является эффективной и может быть использована для исследования УД образцов изделий из ферромагнитных материалов.

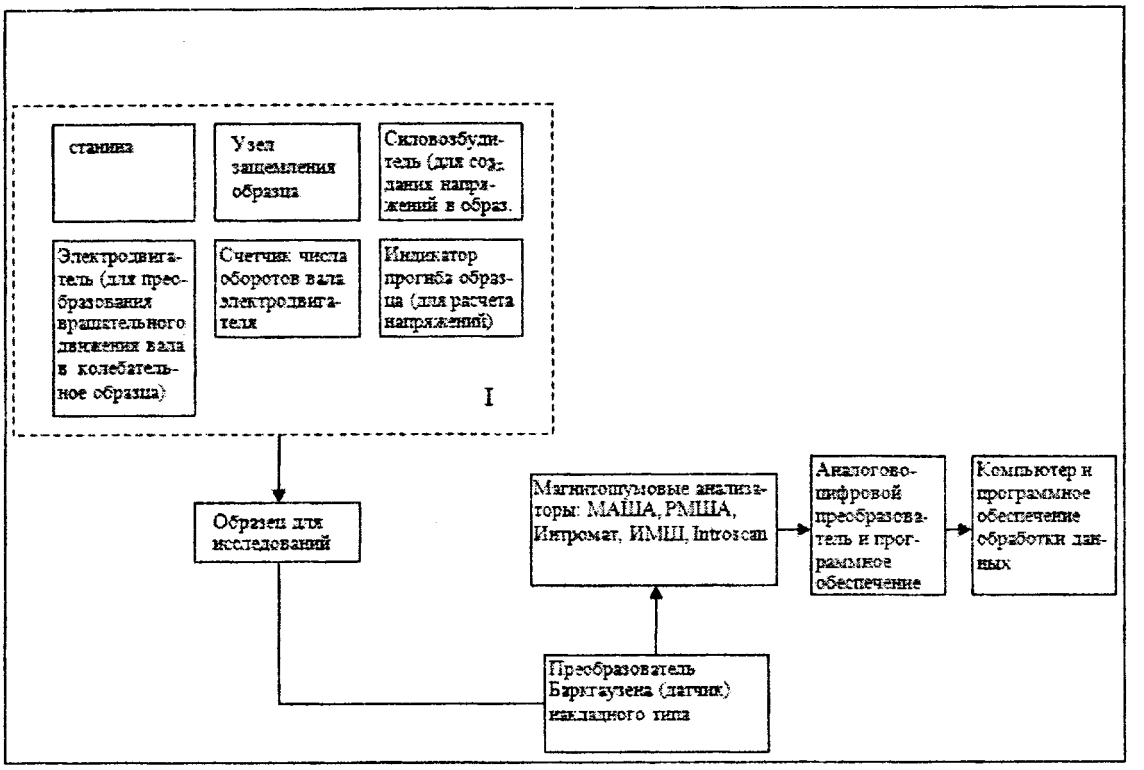


Рисунок 1 – Блок-схема и структура установки для исследования усталостной деградации в стали методом магнитных шумов

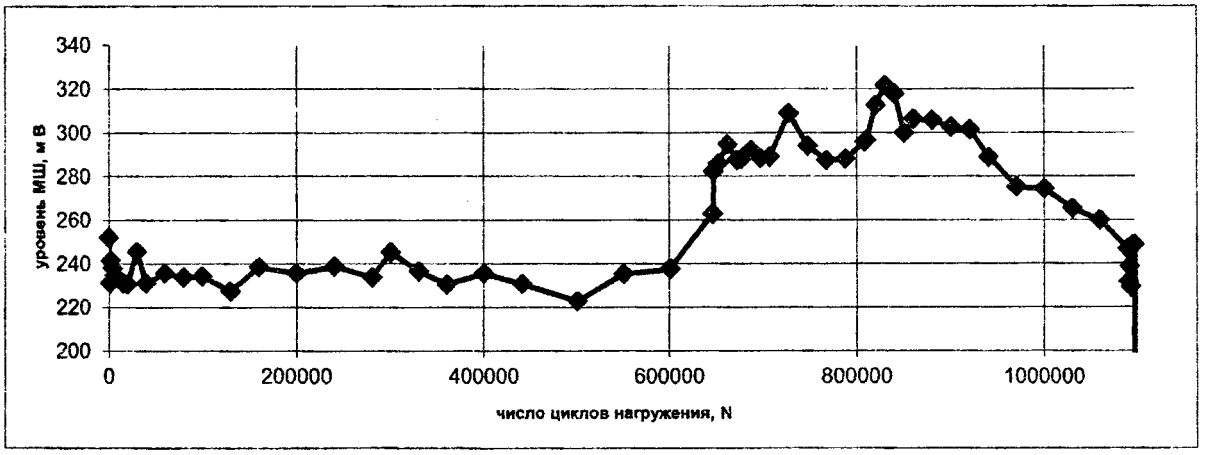


Рисунок 2 – Результаты измерения интенсивности МШ в зависимости от числа циклов изгибных знакопеременных нагружений на стороне 1 образца Ст. 3 при перпендикулярном относительно его центральной оси положении ПБ, полученной с помощью прибора "Introscan" при режимах: амплитуда поля H = 80 А/м, частота перемагничивания f = 120 Гц, диапазон частот анализа МШ F =20-200 кГц

1. Коцаньда. С. Усталостное растрескивание металлов. - М.: Металлургия, 1990.–623 С.
2. Бусько В.Н., Венгринович В.Л., Довгялло А.Г. Устройство для испытания плоских образцов на усталость: пат. РБ №5248/Афіц. Бюл. №2, 2009. - С. 202-203.
3. Венгринович В.Л., Цукерман В.Л., Денкевич Ю.Б. Новые возможности НК напряжений методом эффекта Баркгаузена //В мире неразрушающего контроля, №1(27) март 2005. - С. 36-39.
4. Бусько В.Н., Венгринович В.Л., Довгялло А.Г. и др. //Химическая техника, 2007, № 7. - С. 46-48.