

## ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ОБРАЗЦЕ СЛОЖНОНАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ

Бусько В.Н., Власов Г.Г.

Институт прикладной физики НАН Беларуси  
Минск, Республика Беларусь

Большинство элементов металлических строительных конструкций (мостовых, крановых ферм, балок и др.) и множество деталей и изделий машиностроения (элементов подвески автомобилей, штанг, штоков и др.) подвергаются действию сил, вызывающих одновременно не один вид деформации (осевое растяжение или сжатие, изгиб, кручение), а два или более. Чаще всего подобного рода деформации от сложения продольных сил и пространственного изгиба могут вызываться совместными действиями на элемент конструкции продольных и поперечных сил.

При экспериментальных исследованиях напряженного состояния и разработке методов и средств неразрушающего контроля (НК) металлоконструкций, независимо от используемого физического метода НК, невозможно обойтись без этапа, предусматривающего приближенное моделирование в эталонном образце сложнонапряженного состояния (СНС). Создание в образце такого рода напряжений сопряжено с определенными трудностями, связанными, в первую очередь, с практической реализацией моделирования напряжений, отсутствием малогабаритного и недорогого оборудования, сложностью расчета итоговых напряжений, а также недостаточной чувствительностью большинства используемых физических методов оценки напряжений.

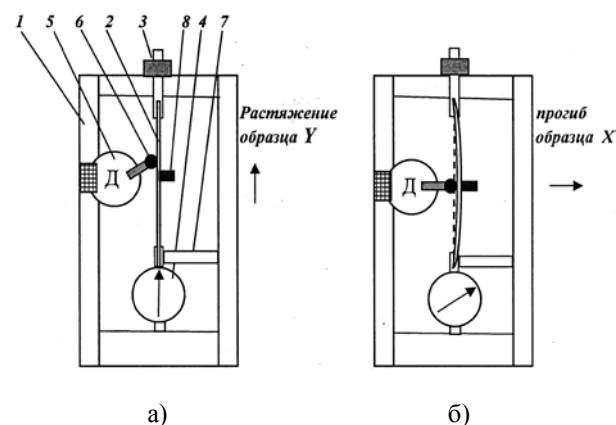
Наиболее удобным и простым методом создания в образце СНС является сочетание (комбинация) метода растяжения образца с действием изгибных напряжений, основанном на поперечном изгибе закрепленного с обоих концов растягиваемого образца. Такой вид напряжений имеет место при продольно-поперечном действии нагрузок [1]. В качестве физического метода исследования полученного СНС данным способом в образце использовался магнитный метод эффекта Баркгаузена (МЭБ), измеряющий интенсивность магнитного шума (МШ) [2].

На рисунке представлена схема малогабаритной лабораторной установки для моделирования в плоском образце сложнонапряженного состояния, реализующая предлагаемый метод создания напряжений на основе совместного действия продольного растяжения и пространственного изгиба.

Установка состоит из испытуемого образца, жесткой рамочной каркасной конструкции (силовой рамы), изготовленной из стальных

уголков, на одном из которых установлен реверсивный электродвигатель с расположенным на нем силовозбудителем, на другом – упор для фиксации нейтрального положения образца, который расположен между динамометром, измеряющим усилие и специальным фиксатором для создания в нем растягивающих напряжений, магнитошумового преобразователя и работает следующим образом.

Установленный в силовой раме 1 установки плоский образец 2 с отверстиями на обоих концах посредством втулок с одного конца закрепляется с помощью фиксатора положения 3, а с другого – крюка пружинного динамометра 4 типа ДПУ, предназначенного для измерения статических растягивающих усилий.



а – при продольном растяжении; б – поперечном изгибе.

Лабораторная установка для моделирования в образце сложнонапряженного состояния

Для создания и регулирования в образце продольных растягивающих напряжений на верхнем конце фиксатора расположена гайка, вращающую которую на резьбовой части фиксатора в образце образуются осевые продольные напряжения, величина которых рассчитывается исходя из создаваемого и измеряемого динамометром усилия (кГ) и поперечного сечения образца (мм<sup>2</sup>). С целью создания в образце изгибающего момента в поперечном направлении на силовой раме дополнительно установлен электродвигатель 5, например, типа РД-09 или СД-54, на валу которого расположен стальной диск с установленным на нем с возможностью перемещения силовозбудителем 6 в виде подшипника качения. Частота вращения вала  $n$  (оборот./мин.)

и связанный с ним коэффициент редукции  $\eta$  электродвигателя, в зависимости от задачи исследований и амплитуды создаваемых изгибных напряжений, могут варьироваться в широких пределах:  $n \approx 1, 5 \div 100$  и более, а  $\eta \approx 1/100 \div 1/700$ . Упор 7 предназначен для сохранения нейтрального положения нижней части образца при изгибе, а преобразователь Баркгаузена (ПБ) 8 – для регистрации величины магнитного шума в зависимости от уровня создаваемых напряжений. Конструкция ПБ позволяет устанавливать на образец, не снимая его каждый раз в процессе создания деформаций и измерения, и, таким образом, проводить регистрацию МШ не только в статическом, но и динамическом режиме [3]. Изменяя последовательно величину растягивающих (с помощью фиксатора 3 и регулирующей гайки) и изгибных (путем изменения положения силовозбудителя 6 на диске или меняя диаметр подшипника) напряжений, можно построить экспериментальные зависимости уровня магнитошумового сигнала от расчетного значения отдельных или результирующего напряжения при сложно-напряженном состоянии. При исследовании влияния числа циклов изгибных напряжений  $N$  находящегося под действием продольных напряжений образца на МШ строится и анализируется аналогичная зависимость, в результате можно найти  $N_{крит}$ , при котором образец разрушается.

Моделировать таким образом в образце СНС и оценивать, например, усталостную долговечность с помощью МЭБ, можно практически в любой точке поверхности образца, для чего необходимо переместить электродвигатель на

УДК 536.626.2

### БОМБОВЫЙ ИЗОПЕРИБОЛИЧЕСКИЙ КАЛОРИМЕТР БИК 100 – СРЕДСТВО ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОТЫ СГОРАНИЯ ТВЕРДЫХ, ЖИДКИХ И ГАЗООБРАЗНЫХ ТОПЛИВ

Васаренко И.В.<sup>1</sup>, Максимук Ю.В.<sup>2</sup>, Сыщенко А.Ф.<sup>1</sup>, Дубовик И.Г.<sup>1</sup>, Фесько В.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Закрытое акционерное общество «БМЦ», Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Учреждение Белорусского государственного университета

«Научно-исследовательский институт физико-химических проблем», Минск, Республика Беларусь

Развитие и внедрение энерго- и ресурсосберегающих технологий в производственном секторе Республики Беларусь тесно связано с достижениями в области приборостроения. Национальная система стандартизации и метрологии предъявляет высокие требования к контролю производств, связанных с получением тепла. Использование современного лабораторного оборудования для учета тепловых ресурсов является одним из инструментов контроля эффективности их использования.

Теплота сгорания – главный показатель качества котельных топлив, определяющий его стоимость. Поэтому ее точное определение является

важной метрологической задачей. Экспериментальным методом определения теплоты сгорания топлив в различных агрегатных состояниях является бомбовая калориметрия, основанная на использовании в качестве средства измерения соответствующего калориметра. Метод заключается в измерении количества тепла, выделяющегося при полном сгорании навески топлива в калориметрической бомбе в среде сжатого кислорода. Существуют различные типы конструкций бомбовых калориметров сжигания и несколько вариантов их классификаций. Сравнительный анализ технических и метрологических характеристик бомбовых калориметров приведен

боковой стойке силовой рамы в вертикальном положении и, соответственно, преобразователь Баркгаузена по образцу. Предварительные испытания установки на образце размером 200 x 25 x 0,8 мм из стали Ст.3. показали работоспособность и эффективность при создании, исследовании и НК сложного напряженного состояния с помощью метода эффекта Баркгаузена. Для исследуемого образца рассчитанные в соответствии с формулами сопромата максимальные растягивающие и изгибные напряжения в отдельности составили  $\approx +200$  МПа.

Создаваемое в образце вышеуказанной методикой сложное напряженное состояние, моделирующее совместное действие линейного растяжения с пространственным изгибом и рассчитанное на основе классической задачи, приводит к изменению уровня МШ. Обработка и анализ уровня и распределения по направлению МШ в зависимости от вклада в сигнал ПБ обоих видов напряжений с различными амплитудами, позволяют исследовать влияние напряжений на усталостную долговечность металла и разработать приближенную методику ее оценки.

1. Справочник по сопротивлению материалов / Писаренко Г.С. и др., Киев: Наук. думка, 1988.- 736 с.
2. ГОСТ 18353-79. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов.
3. Патент РБ №2113 от 05.02.2005г.: МПК G01N 27/72. Магнитошумовой преобразователь /Бусько В.Н. // Аф. Б. ,2005.-№3. - ч.2. - С. 99 - 100.

важной метрологической задачей. Экспериментальным методом определения теплоты сгорания топлив в различных агрегатных состояниях является бомбовая калориметрия, основанная на использовании в качестве средства измерения соответствующего калориметра. Метод заключается в измерении количества тепла, выделяющегося при полном сгорании навески топлива в калориметрической бомбе в среде сжатого кислорода. Существуют различные типы конструкций бомбовых калориметров сжигания и несколько вариантов их классификаций. Сравнительный анализ технических и метрологических характеристик бомбовых калориметров приведен