

менения формы, амплитуды или длительности импульса магнитного поля на торце преобразователя прибора ИМА-6 оказывает нахождение под преобразователем прибора ИМА-6 ферромагнитных материалов [4], таким образом, можно сделать вывод, что влияние вихревых токов незначительно.

На рисунке 2 представлена осциллограмма импульсов магнитного поля с амплитудой, равной $H_{m2} = 240 \cdot 10^3$ А/м. Как видно из рисунка, наличие ферромагнитного материала под преобразователем прибора ИМА-6 не оказывает практически никакого влияния на параметры импульса магнитного поля на торце преобразователя прибора.

При установке преобразователя прибора ИМА-6 на ферромагнитные материалы также не наблюдается изменения формы, длительности и амплитуды намагничивающего импульса с амплитудой $H_{m2} = 240 \cdot 10^3$ А/м [4].

По результатам исследования можно сделать вывод, что незначительные изменения формы и амплитуды импульса магнитного поля на торце преобразователя прибора ИМА-6 из-за нахождения под ним изделия как из немагнитного, так и ферромагнитного материала имеют место при намагничивании импульсами с малой амплитудой и эти изменения находятся в пределах ошибки измерений. В случае намагничивания

ферромагнитного изделия импульсами большой амплитуды, доводящей изделие до технического насыщения, форма, амплитуда и длительность импульса не изменяются. Таким образом, при контроле ферромагнитных изделий импульсным магнитным анализатором ИМА-6 при намагничивании испытуемой детали ее влиянием на параметры импульса можно пренебречь.

1. Мельгуй, М.А. Магнитный контроль механических свойств сталей. – Минск: Наука и техника. – 1980. – 184 с.
2. Оценка влияния контролируемого изделия на формирование намагничивающих импульсов в системах импульсного магнитного контроля / В.Ф. Матюк, А.В. Стрелюхин // Весці НАН Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 1997. – № 3. – С. 51-55.
3. Импульсный магнитный анализатор ИМА-6 / В.Ф. Матюк, В.А. Бурак, А.А. Осипов, Д.А. Пинчуков // Дефектоскопия. – 2009. – № 7. – С. 62-74.
4. Оценка влияния контролируемых деталей на формирование намагничивающего поля в приборах импульсного магнитного контроля / В.Ф. Матюк, В.А. Бурак, Д.П. Баранов // Неразрушающий контроль и диагностика. – 2014. – №2. – С. 26-37.

УДК 620.179.14/15

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ОБРАЗЦОВ НА УСТАЛОСТЬ ДВУХЧАСТОТНЫМ НАГРУЖЕНИЕМ

Бусько В.Н.

Институт прикладной физики НАН Беларуси
Минск, Республика Беларусь

Ряд деталей и изделий машиностроения, элементов различных конструкций и технических систем в процессе эксплуатации часто подвергаются одновременному воздействию нагрузок различной частоты и амплитуды, которые приводят к образованию сложных деформаций. К таким элементам относятся детали кузова и подвески автомобиля, лопасти и лопатки газотурбинных двигателей, резьбовые и сварные соединения, фермы железнодорожных мостов, ретрансляционные вышки и мачты, детали авиаконструкций и др. При таком комбинированном воздействии на основную циклическую нагрузку низкой частоты наложены гармоники малых амплитуд относительно высоких частот вторичного нагружения. Одновременное действие двух циклических напряжений с различными

частотами называется двухчастотным, или бигармоническим, нагружением [1, 2]. Примеры нагружений показаны на рисунке 1.

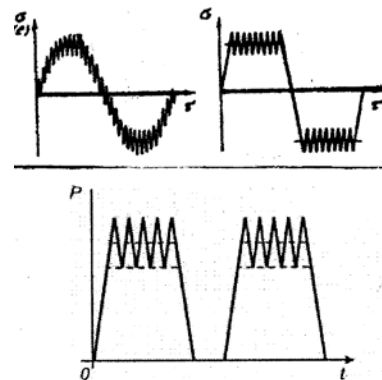


Рисунок 1 – Примеры двухчастотного нагружения образца [1, 2]

При двухчастотном нагружении, в частности, при циклическом изгибе исследуемого образца в области максимальных напряжений преждевременно образуются усталостные трещины, зоны концентрации напряжений и др. дефекты, которые приводят к снижению механических характеристик. Пределы прочности в сравнении с одночастотным нагружением могут снижаться в 1,5-4 раза [1]. Расчет влияния такого нагружения на усталостную долговечность относится к сложным задачам, не всегда точен и может быть выполнен и оправдан.

Для изучения влияния двухчастотного нагружения на усталостную долговечность необходимо проводить механические испытания на образцах. При разработке методик и лабораторных устройств для реализации двухчастотного нагружения в зависимости от целей и задач используют различные типы схем нагружения образца [1, 2]. Однако существующие машины, стенды, установки и устройства подобного рода для испытаний на усталость, как правило, громоздки, дороги, представляют собой технические сложные системы, т.к. содержат кривошипные механизмы, электродинамические вибраторы, комплект гидроцилиндров, пульсаторы и другие многочисленные узлы и детали, к тому же трудоемки в эксплуатации. Кроме того, испытания и исследования усталостных процессов с применением двухчастотного нагружения позволяют выявить новые закономерности развития процессов усталости в различных материалах. В связи с этим цель работы – создание относительно простого малогабаритного изгибающего устройства с расширенными функциональными возможностями, позволяющем повысить производительность испытаний.

При испытаниях образца при двухчастотном нагружении, в отличие от одночастотного, за счет интенсификации процесса образования дефектов происходит ускоренное наступление процесса разрушения

В предлагаемом механическом устройстве в результате одновременного воздействия двух частот с амплитудами напряжений σ_1 и σ_2 (низкой и высокой ветвей частот соответственно) в центральной части образца с увеличением числа низкочастотного N_1 и высокочастотного N_2 циклов нагружения происходит накопление усталостной повреждаемости и образуются вначале невидимые, а затем видимые усталостные трещины, вследствие чего снижается прочность и происходит разрушение.

В работе предложено использовать разработанные нами ранее методику и устройство, основанные на создании в плоском образце одночастотного нагружения [3, 4].

Принцип работы устройства состоит в том, что нагружение образца осуществляется

одновременно (или последовательно) двумя частотами, при этом изгибающий момент создается на обоих концах образца независимо с помощью подшипников качения и двух электродвигателей. Один конец образца подвергается низкочастотному циклированию с частотой f_1 с помощью первого электродвигателя, второй – высокочастотному с частотой f_2 – с помощью второго.

На рисунке 2 представлен внешний вид лабораторного устройства для комбинированного нагружения образца с помощью двух частот. Данное устройство в процессе циклических усталостных испытаний позволяет одновременно осуществлять двухчастотное нагружение образца с помощью высокочастотного (десятки Гц) и низкочастотного (доли 0,1 Гц) циклирования, которое является наиболее опасным для ряда технических систем.

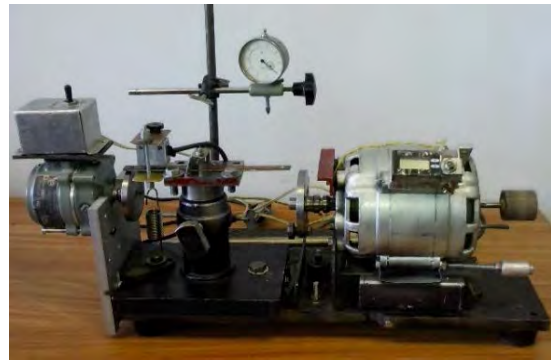


Рисунок 2 – Внешний вид лабораторного устройства для двухчастотного нагружения образца

Устройство работает следующим образом. После установки и закрепления образца с помощью двух подшипников качения, установленных на стальных дисках и выполняющих роль силовых возбудителей, соответственно соединенных с обоими электродвигателями, расположенными с обеих сторон образца, производится циклирование. Для создания низкочастотного нагружения и обеспечения прогиба образца использовался электродвигатель типа РД-09 с редуктором, обеспечивающим частоту нагружения 0,15 Гц.

Для высокочастотного нагружения использовался электродвигатель переменного тока типа АВЕ-071 со скоростью вращения вала 1350 об./мин. Частота высокочастотного нагружения в зависимости от напряжения питания может варьироваться в диапазоне от 12 до 48 Гц.

В результате одновременного воздействия на образец циклических знакопеременных нагружений в нем с ростом количества циклов, измеряемых с помощью герконов и электронного счетчика импульсов, изменяются физико-механические свойства, регистрируемые накладным магнитошумовым преобразователем.

В итоге суперпозиции двухчастотных нагру-

жений появляются дополнительные возможности исследования и контроля состояния материалов, моделирующих реальные условия работы объекта при эксплуатации. Значительно расширяются функциональные возможности испытательной техники за счет упрощения и универсализации конструкции, увеличивается производительность и достоверность испытаний. Отличается простотой конструкции и удобством при эксплуатации в сравнении с аналогичным оборудованием. Появляется возможность создавать в образце одновременно и независимо двухчастотные знакопеременные циклические напряжения с возможностью регулирования частот нагружений и амплитуд напряжений.

1. Воробьев А.З., Олькин Б.И., Стебнев В.Н.

Сопrotивление усталости элементов конструкций – М.:Машиностроение. – 1990.– 240 с.

2. Энциклопедия по машиностроению. В 40 т. Под ред. акад. Фролова К.В. – М.: 1994 – 2012.

3. Бусько В.Н. Лабораторная установка для исследования усталостной повреждаемости плоских ферромагнитных образцов / Приборы и техника эксперимента. – 2011. №1. – С. 165-167.

4. Патент РБ 5248 Устройство для испытания плоских образцов на усталость / Бусько В.Н., Венгринович В.Л., Довгялло А.Г.; заявитель – ГНУ «ИПФ НАН Беларуси» // Аф. Бюлл. № 2, 2009. – С. 202-203.

УДК 621.78.062.2

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ УГЛЕРОДНОГО ПОТЕНЦИАЛА В КОНТРОЛИРУЕМЫХ АТМОСФЕРАХ

Виленчиц Б.Б., Попов В.К., Садоменко С.Л.

*Институт прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко
Минск, Республика Беларусь*

Технологические процессы химико-термической обработки металлов, в частности газовой цементации, характеризуются высокой энергоемкостью и чувствительностью к отклонениям от оптимальных параметров процесса. Управление процессом газовой цементации для получения необходимого содержания или профиля концентрации углерода в металле предполагает измерение уровня углерода в печной атмосфере. Это может быть осуществлено непосредственным или косвенными способами.

Прямой метод связан с размещением в печи образцовой металлической фольги и основан на том, что содержание углерода в тонкой стальной фольге, помещенной в печь, через некоторое время достигает уровня углерода в печной атмосфере и для оперативного контроля процесса непригоден, но в силу простоты реализации и достаточной для практических целей точности широко используется для контроля косвенных методов измерения.

Используемые на практике косвенные методы сводятся к двум: основанные на измерении концентраций оксида и диоксида углерода (методы инфракрасного газового анализа) и содержанию кислорода и оксида углерода в науглероживающей атмосфере печи. Для расчета уровня углерода указанными методами в наиболее часто используемых печных атмосферах рассчитаны соответствующие корреляционные выражения [1].

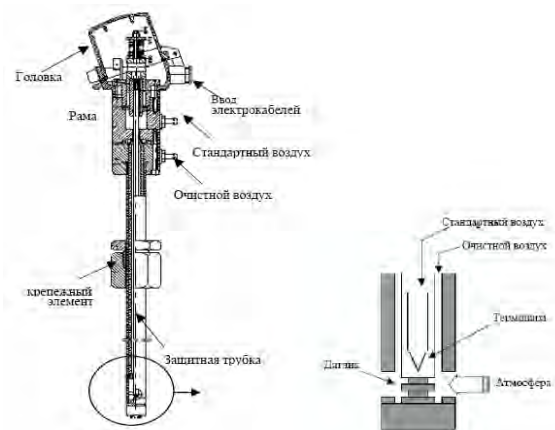
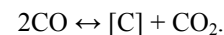


Рисунок 1 – Устройство датчика кислорода

Рассмотрим основные соотношения для этих методов. Для определения углеродного потенциала по содержанию оксида и диоксида углерода в науглероживающих газах основополагающей является реакция



Теоретической основой служит термодинамическое соотношение между содержанием CO , CO_2 в печной атмосфере, температурой и содержанием углерода в аустенитном растворе стали. Откуда следует выражение для активности углерода:

$$\lg a_{\text{C}} = \lg[(P_{\text{CO}})^2 / P_{\text{CO}_2}] + 8817/T - 9,071$$