

может свидетельствовать о регистрации в более длинноволновой области излучения, избыточного над тепловым. Расхождение результатов измерения температуры может объясняться, в частности, наличием флуоресценции продуктов горения камфары.

Неоднократные повторные исследования тепловых режимов СИД сложного спектрального состава с нанесенной на излучающую поверхность камфарной сажей, в том числе и в составе светодиодных осветителей, подтвердили наличие существенно превышающих нормированную погрешность различий в значениях температуры, измеренной термографами с разным спектральным диапазоном. Из термограмм излучающей поверхности светодиодного модуля на основе СИД белого свечения с нанесенной на поверхность камфарной сажей, видно, что разность температур, зарегистрированных термографами *Thermacam A325* и ИРТИС-2000 достигает 20°C.

То обстоятельство, что измерения температуры одного и того же излучающего объекта термографами с разной спектральной чувствительностью может давать существенно различающиеся результаты, следует учитывать при проведении практических термографических обследований в условиях наличия производственной пыли и сажи. В этом случае предпочтительнее использовать термографы с более коротковолновым спектральным диапазоном, на показания которых спектральный состав излучения объекта оказывает меньшее влияние.

Таким образом, экспериментальные исследования тепловых режимов светодиодов со сложным спектральным составом излучения, на поверхность которых нанесен слой мелкодисперсных частиц, полученных путем сжигания кам-

фары, показали:

- результаты измерения температуры излучающей поверхности СИД, покрытой слоем мелкодисперсных частиц, термографами с различной спектральной чувствительностью могут существенно отличаться;
- разность измеренных температур значительно превышает пределы нормированной погрешности термографов и может быть обусловлена флуоресценцией продуктов сгорания сажи;
- измерения температуры светодиодных излучателей на основе СИД со сложным спектральным составом в условиях наличия производственных загрязнений на излучающей поверхности предпочтительно проводить термографами, спектральная чувствительность которых находится в коротковолновой области ИК-спектра.

1. Доманевский Д.С. Исследование особенностей ИК-эмиссии светодиодов с поверхностным слоем, имитирующем производственные загрязнения / Д.С. Доманевский, А.Г. Куклицкая Ю.А. Бумай [и др.] // Приборостроение–2012: материалы 5 Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 21–23 ноября 2012 г. – Минск: БНТУ. – 2012. – С. 271–272.
2. Бумай Ю.А. Исследование влияния поверхностного слоя мелкодисперсных частиц производственной пыли и сажи на спектры излучения и нагрев светодиодных осветителей / Ю.А. Бумай, Д.С. Доманевский, А.Г. Куклицкая [и др.] // Приборостроение–2014: материалы 7 Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 19–21 ноября 2014 г. – Минск: БНТУ. – 2014. – С.41–42.

УДК 620.179.14

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ НАМАГНИЧИВАЮЩЕГО ПОЛЯ В ПРИБОРЕ ИМА-6

Бурак В.А.

*Институт прикладной физики Национальной академии наук Беларуси
Минск, Республика Беларусь*

Импульсный магнитный контроль основан на намагничивании изделий из ферромагнитных материалов, которое осуществляется одним или несколькими импульсами тока, формируемыми при разряде через соленоид или систему соленоидов батареи конденсаторов [1]. Формируемое при этом импульсное магнитное поле можно описать такими основными параметрами как амплитуда импульсов, их форма и длительность.

Амплитуда, форма и длительность формируе-

мых импульсов магнитного поля зависят от параметров разрядной цепи: активного сопротивления, индуктивности соленоида и емкости батареи накопительных конденсаторов. При намагничивании контролируемого изделия в нём возникают вихревые токи, что приводит к изменению сопротивления цепи. Также изменяется величина индуктивности соленоида за счет намагничивания детали. Эти два фактора могут оказать влияние на параметры формируемого импульса маг-

нитного поля, и как следствие, на остаточное магнитное поле контролируемого изделия.

Теоретический расчет разрядной цепи с учетом вклада вихревых токов и индукции от намагничиваемого контролируемого изделия сложен. Поэтому оценку влияния намагничиваемой детали на параметры намагничивающих импульсов в большинстве случаев осуществляют экспериментально [2].

Импульсный магнитный анализатор ИМА-6, предназначенный для неразрушающего контроля структуры и качества термообработки изделий из сталей с содержанием углерода более 0,3 %, является одним из приборов, основанных на импульсном магнитном методе контроля. Импульсное магнитное поле в приборе ИМА-6 формируется посредством заряда конденсатора емкостью 2200 мкФ и последующего его разряда на соленоид, при этом формируется импульс аperiодической формы (за счет подключения демпфирующего диода) с длительностью 17 мс. Прибор ИМА-6 содержит намагничивающий соленоид с внутренним радиусом 5 мм, внешним радиусом 25 мм, длиной 30 мм и числом витков, равным 865 [3]. Амплитуда формируемых в приборе намагничивающих импульсов может изменяться от $0,2 \cdot 10^5$ А/м до $2,4 \cdot 10^5$ А/м.

Исследование влияния вихревых токов на формируемые прибором ИМА-6 импульсы магнитного поля разной амплитуды проводили на образцах из неферромагнитных материалов с разной величиной удельного электрического сопротивления: медь – $\rho = 1,72 \cdot 10^{-8}$ Ом·м, алюминий – $\rho = 2,8 \cdot 10^{-8}$ Ом·м, дуралюмин марки Д-16Т – $\rho = 7,3 \cdot 10^{-8}$ Ом·м, бронза марки Бр.Б2 – $\rho = 12,8 \cdot 10^{-8}$ Ом·м и немагнитная нержавеющая сталь 08X18H10 – $\rho = 80 \cdot 10^{-8}$ Ом·м. Все образцы из неферромагнитных материалов имели форму дисков диаметром 150 мм и толщиной 2 мм.

Оценка вклада свойств намагничиваемого ферромагнитного материала в изменение параметров импульса оценивали на образцах из стали 45 диаметром 59 мм и толщиной 9 мм, подвергнутых закалке от 820 °С. Образцы имели различные удельные электрические сопротивления: $\rho = 27 \cdot 10^{-8}$ Ом·м у образца стали 45, закаленного, но не отпущенного, и $\rho = 20,4 \cdot 10^{-8}$ Ом·м у образца, подвергнутого отпуску после закалки при температуре 700 °С.

Результаты сравнения осциллограмм импульсов магнитного поля с двумя разными амплитудами, равными $H_{m1} = 30 \cdot 10^3$ А/м и $H_{m2} = 240 \cdot 10^3$ А/м, на торце преобразователя прибора ИМА-6 при установке преобразователя прибора на образец из стали 45 представлены на рисунках 1 и 2. Величина магнитного поля определялась по

величине тока через соленоид преобразователя соответствующего прибора.

Из рисунка 1 видно, что при амплитуде намагничивающего импульса, равной $H_{m1} = 30 \cdot 10^3$ А/м, наблюдается небольшое уменьшение формируемого на торце преобразователя ИМА-6 импульса в области максимума при наличии под преобразователем прибора ферромагнитного материала. Это связано с некоторым повышением потокосцепления соленоида прибора с полем вихревых токов в образце из-за сравнительно небольшой скорости нарастания импульса, а также с полем локально намагничиваемого участка при измерении импульсов тока малой величины. Следует также отметить, что отличия в структуре, полученной после термообработки, образцов из стали 45 не влияют на формирование намагничивающего импульса. И при наличии закаленного образца, так же, как при наличии отпущенного под преобразователем прибора ИМА-6, при малой амплитуде импульса наблюдается некоторое уменьшение его величины, однако, это уменьшение не превышает 3-4 % и находится в пределах ошибки измерений.

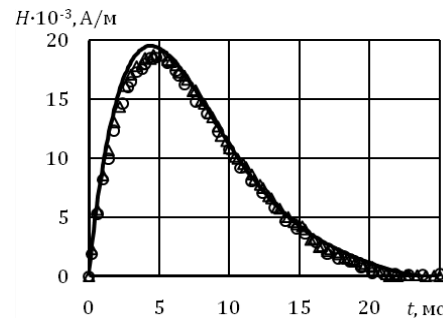


Рисунок 1 – Осциллограмма импульсов магнитного поля на торце преобразователя прибора ИМА-6; $H_{m1} = 30 \cdot 10^3$ А/м; $\Delta - T_{\text{зак}} = 820$ °С; $\circ - T_{\text{зак}} = 820$ °С, $T_{\text{отп}} = 700$ °С

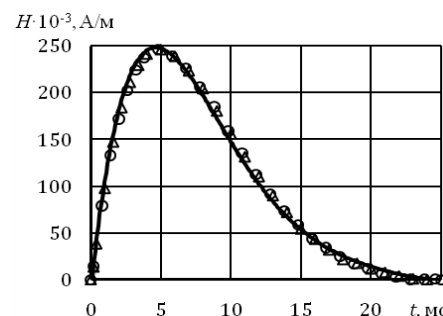


Рисунок 2 – Осциллограмма импульсов магнитного поля на торце преобразователя прибора ИМА-6; $H_{m2} = 240 \cdot 10^3$ А/м; $\Delta - T_{\text{зак}} = 820$ °С; $\circ - T_{\text{зак}} = 820$ °С, $T_{\text{отп}} = 700$ °С

При намагничивании импульсом с амплитудой $H_{m1} = 30 \cdot 10^3$ А/м аналогичное влияние на из

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.

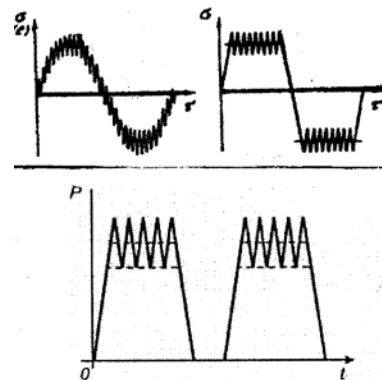


Рисунок 1 – Примеры двухчастотного нагружения образца [1, 2]