

Использование гистерезисных свойств датчиков магнитного поля при контроле магнитных и электрических свойств материалов

Павлюченко В.В.

Белорусский национальный технический университет

Целью настоящей работы является разработка способа контроля материалов с помощью магнитооптической пленки, магнитных носителей и других датчиков магнитного поля с использованием их гистерезисных свойств.

Все процессы происходят с задержкой во времени. Даже те из них, которые мы наблюдаем «в реальном масштабе времени» ограничены по крайней скорости распространения света. В рассматриваемых измерительных системах гистерезис складывается из гистерезисов датчиков, считывающих и измерительных устройств, а также источников воздействия. Динамический гистерезис магнитооптической пленки, обусловленный задержкой перемагничивания доменов, может быть использован при контроле материалов на высоких частотах и на меньших частотах, если воздействовать на них полями порядка поля старта границ доменов. Гистерезис магнитных носителей, предназначенных для длительного хранения информации, является статическим и может оказаться полезным для измерения магнитных полей в том случае, если будет сохранять информацию от последовательности воздействий магнитными полями. Для этого необходимо иметь информацию о всех частных петлях гистерезиса магнитного носителя и о магнитном состоянии каждого микрообъема магнитного носителя после каждого воздействия. При этом статический гистерезис проявляется не только при перемагничивании в противоположном направлении, но и в прямом, усложняя измерения напряженности магнитного поля. Магнитооптическая пленка также может обладать достаточно большим статическим гистерезисом, если имеется достаточное количество элементов задержки перемагничивания доменов, например, неоднородностей и скопления дислокаций.

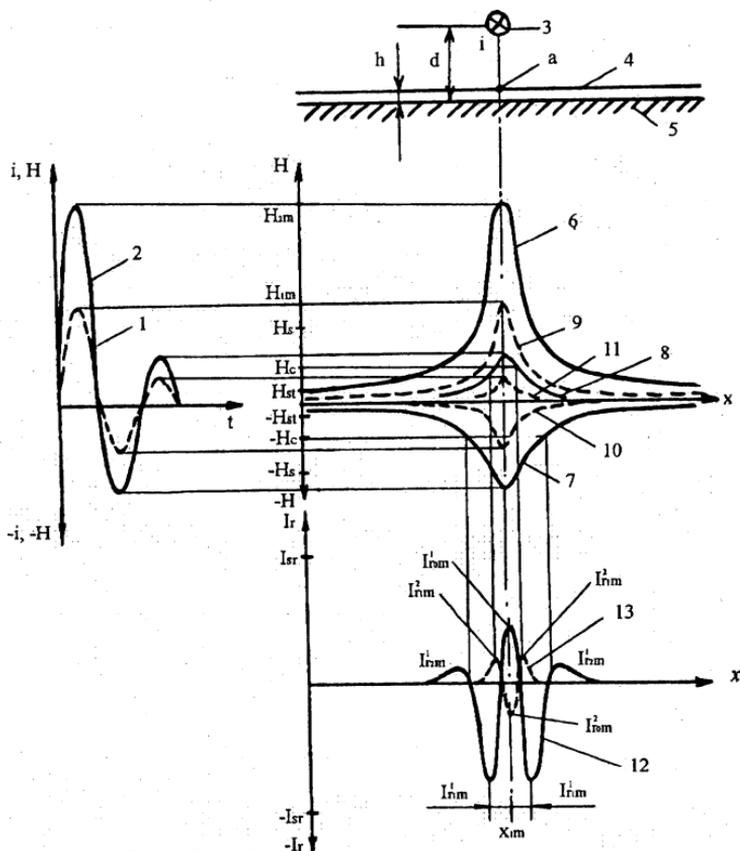


Рис. 1

На рис. 1 представлен один из способов контроля электрических и магнитных свойств материалов с помощью линейного источника импульсного магнитного поля с использованием гистерезисных свойств датчика магнитного поля. Воздействуют затухающими импульсами магнитного поля 1, созданного импульсами тока линейного токопровода 3, на датчик магнитного поля 4, приложенный к поверхности контролируемого материала 5. Поле на поверхности материала будет больше приложенного и соответствует зависимости 2. Пространственное распределение поля источника по поверхности материала вдоль координаты x определяется кривыми 9, 10 и 11, а при наличии материала – кривыми 6, 7, 8.

С учетом амплитуд этих импульсов H_{1m} , H_{2m} , Q также коэрцитивной силы H_c и поля старта H_{Sr} датчика магнитного поля распределение остаточной намагниченности датчика I_r при величине его остаточной намагниченности насыщения I_{Sr} будет соответствовать при наличии материала зависимости 12 с максимумами I_{r0m}^1 , I_{r1m}^1 и I_{r2m}^1 , а в отсутствие материала – зависимости 13 с максимумами I_{r0m}^2 и I_{r1m}^2 . По форме распределений 12 и 13 остаточной намагниченности, величине которой пропорциональна величина считываемого с датчика сигнала, находят распределения напряженности магнитного поля на поверхности материала, по которым определяют удельную электропроводность σ , магнитную проницаемость μ , толщину материала и параметры дефектов в нем.

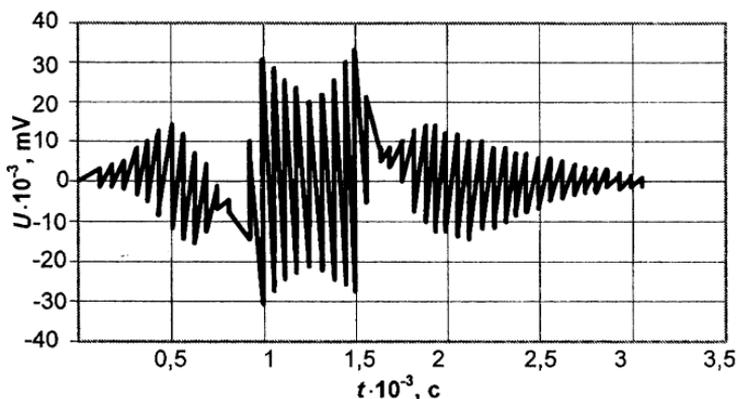


Рис. 2

При проведении измерений на тиристорной установке автором обнаружен эффект возникновения колебаний напряженности магнитного поля вблизи линейных источников импульсного магнитного поля при пропускании через них одиночного импульса тока. На рис. 2 изображена зависимость амплитуды сигнала U , считываемого с дискретного магнитного носителя от времени развертки осциллографа t . Токпровод выполнен в виде катушки, установленной так, что ее плоскость перпендикулярна плоскости датчика и находящейся под ним пластины из алюминия толщиной $d = 6,7 \cdot 10^{-4}$ м. Форма импульса тока – полусинусоида со временем нарастания

$t_{max} = 1,1 \cdot 10^{-5}$ с. Время развертки t соответствует расстоянию x до проекции оси линейного токопровода на плоскость датчика, в пропорции $1 \cdot 10^{-3}$ с – $1,32 \cdot 10^{-2}$ м, причем проекции оси токопровода соответствует $t = 1,25 \cdot 10^{-3}$ с. На датчик воздействовали одним импульсом поля и на экране индикатора должна была появиться зависимости $U(x)$ с огибающей в виде одной полусинусоиды. Однако форма сигнала $U(x)$ содержит три огибающих с чередующейся полярностью. Это может быть следствием многих причин: 1) обратный выброс тока, 2) действие поля удаленной части токопровода с противоположным направлением тока, 3) экранирующее действие самого токопровода источника, 4) влияние переходных процессов в структуре тиристоров, 5) последствие движения электрических зарядов в цепи разряда, преимущественно в его токопроводе, 6) последствие движения электрических зарядов в окружающем источнике поля пространстве.

Проведение измерений с последовательным устранением влияния перечисленных факторов на пространственно-временное распределение магнитного поля, включая сглаживание нисходящей ветви полусинусоиды, удаление токопроводов с противоположным направлением тока, экранирование их полей от датчиков позволяют констатировать наличие следующего эффекта: при размыкании цепи разряда емкости на индуктивность в момент времени, когда ток разряда, пройдя максимум становится равным нулю, на индуктивности продолжаются затухающие электромагнитные колебания, амплитуда которых тем больше, чем ближе форма кривой разряда к форме идеальной полусинусоиды.

Эти колебания тангенциальной составляющей напряженности магнитного поля H_t оставляют на датчике отпечатки остаточных магнитных полей разной полярности в виде волн с осью симметрии под токопроводом. Над поверхностями электропроводящих материалов величина H_t увеличивается и полностью изменяет распределение волн, записываемых на датчик магнитного поля. При этом в угасающих электромагнитных колебаниях источника поля участвуют также и электроны исследуемого материала, движение которых усиливает указанный эффект как по амплитуде поля, так и по времени последствия импульса.

Эффект может быть использован при контроле электрических и магнитных свойств материалов.

УДК 620.130

Зависимость величины максимальной напряженности магнитного поля на поверхности металлического образца от формы импульса магнитного поля

Павлюченко В.В., Дорошевич Е.С.

Белорусский национальный технический университет

Целью настоящей работы является определение формы импульсов магнитного поля для создания на поверхностях металлических и других электропроводящих материалов таких электромагнитных полей, напряженность магнитной составляющей которых в заданных промежутках времени изменяется во времени по заданному закону.

Для разрешения свойств материалов в глубину нами определены параметры импульсов первичного магнитного поля, обеспечивающих на поверхности однородной металлической пластины постоянную величину тангенциальной составляющей магнитного поля H_{τ} в течение времени контроля. При этом датчик магнитного поля, в качестве которого использовали магнитооптическую пленку или матрицу из датчиков Холла, все время контроля находится в одинаковых условиях с оптимальными параметрами доменной структуры магнитооптической пленки и с оптимальной величиной сигнала, снимаемого с датчиков Холла. Таким образом, для однородного образца величина H_{τ} на его поверхности будет постоянной, а при наличии в материале дефектов сплошности или участков с отличной от остального материала удельной электропроводностью датчики магнитного поля будут отображать «всплывающую» по мере проникновения магнитного поля вглубь материала информацию о его свойствах, которая может быть выведена на экран монитора с получением изображения свойств материала в сечении по заданной линии его поверхности.

Последовательность измерений приведена на рис. 1÷4, на которых изображены зависимости величины тока J и величины