

Если электропроводность покрытия много меньше электропроводности основания, переходные процессы в покрытии и основании можно независимо разделить. По мере увеличения электропроводности покрытия и приближения ее к электропроводности основания отдельный контроль основания и покрытия затрудняется. Когда электрическая проводимость покрытия много больше электропроводности основания, информацию о параметрах нижнего слоя выделить уже невозможно. Это связано с тем, что переходной процесс в основании становится вынужденным – вихревые токи определяются скоростью изменения магнитного потока в покрытии.

Наиболее сложный и часто встречающийся в задачах неразрушающего контроля случай - когда оба слоя контролируемого объекта имеют электропроводность одного порядка. Переходная зона между слоями отсутствует (*рис. 1*), а сам вихретоковый процесс в нижнем слое подвергается влиянию аналогичного процесса в покрытии.

При импульсном возбуждении информация, поступающая с течением времени от объекта контроля, имеет накопительный характер. Это означает, что в начале переходного процесса мы можем контролировать только близлежащие к катушке поверхностные слои объекта контроля, затем мы постепенно получаем информацию о более глубоко залегающих слоях. Информация о электропроводности поверхностных слоев объекта может быть получена из анализа параметров переходного процесса в его начале, а информация о свойствах удаленного слоя – путем математического разделения информации об объекте в среднем и о его поверхностных слоях.

В рамках данного исследования для оценки электропроводности нижнего слоя в объекте контроля с разбросом электрофизических свойств в пределах одного порядка была разработана методика. Ее суть заключается в оценке интеграла под кривой измеряемой величины от времени на нескольких временных интервалах. Начальный участок переходного процесса условно принимается за область влияния только поверхностного слоя, конечный временной участок содержит информацию обо всем объекте контроля. В значение интеграла за начальный участок вносится поправка на зависимость электрической проводимости основания от проводимости верхнего слоя. Затем полученная величина вычитается из интеграла за конечный временной интервал. Такой подход к измерению электропроводности был смоделирован для реальной задачи, имеющей прикладное значение: контроль температуры в металлургических агрегатах непрерывной разливки стали.

ТОРМОЗНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ С ЛИНЕЙНЫМ МИКРОФОКУСОМ, ГЕНЕРИРОВАННОЕ В УЗКИХ МИШЕНЯХ В БЕТАТРОНЕ Б-18

Смолянский Владимир Александрович, Рычков Максим Михайлович, Каплин Валерий Викторович, Маликов Евгений Львович, Степанов Игорь Борисович, Луценко Артем Сергеевич, Генцельман Валентин, Васьковский Иван Кириллович
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
vsmol@tpu.ru

Создание источника микрофокусировки на основе релятивистских электронных пучков является важной частью физики ускорителей. Для электронов с низкой энергией, например, в рентгеновских трубах, эта проблема была решена путем острой фокусировки электронного пучка на мишени для получения фокального пятна с диаметром в микронной области. В случае циклических ускорителей метод фокусировки электронного пучка неприменим. Бетатроны, генерирующие жесткое излучение внутренним электронным пучком в толстой мишени, которая больше по площади, чем поперечное сечение миллиметрового пучка, используются для получения изображений различных промышленных объектов. Но, в [1] было предложено использование внутренних мишеней с размерами гораздо меньшими диаметра пучка электронов в циклическом ускорителе для уменьшения фокального пятна генерируемого тормозного излучения. Если пучок электронов циркулирует в течение достаточно длительного времени на радиусе расположения микромишени, то, из-за бетатронных колебаний, электроны будут падать на такую мишень с достаточно высокой эффективностью. В данной работе представлены первые экспериментальные результаты исследования свойств тормозного излучения, генерируемого при взаимодействии электронов с энергией 18 МэВ внутреннего пучка бетатрона Б-18 с 50 и 8 мкм Si кристаллами и 13 мкм Та фольгой с длинами 4 мм вдоль электронного пучка. Мишени помещались в гониометр внутри камеры бетатрона для ориентирования

их под скользящими углами к пучку электронов. В нашем случае спектр излучения бетатрона, генерируемого в узких внутренних мишенях, простирается от нескольких кэВ до 18 МэВ. При мишенях из легких материалов в спектре излучения преобладает достаточно мягкое излучение, которое применимо для получения изображений достаточно тонких объектов. При взаимодействии с тяжелыми мишенями в спектре излучения преобладает жесткое излучение, что обусловлено сильным поглощением излучения мягкой части спектра в толще мишени. Излучение, генерируемое в таких мишенях, применимо для получения изображений толстых объектов из тяжелых материалов.

В работе исследована ориентационная зависимость угловых распределений излучения из узких мишеней. Полученные результаты показывают сильные изменения углового распределения генерируемого излучения при изменении ориентации узкой мишени относительно направления электронного пучка. Этот эффект не наблюдается при нормальном падении электронов на поверхность тонкой мишени.

Исследовалось формирование контраста изображений с использованием излучений из узких мишеней. Изображения эталонной микроструктуры *Duplex IQI* [2] были получены при ориентировании Si мишеней вдоль пучка электронов, для того чтобы электроны сбрасывались на узкую переднюю грань мишени, обеспечивая линейный микрофокус источника тормозного излучения. Изображения *Duplex IQI* были сформированы 10-50 кэВ фотонами мягкой части спектра излучения, генерированного в 8 и 50 мкм Si мишенях. Из-за малости источника излучения, полученные с трехкратным увеличением изображения эталонной микроструктуры *Duplex IQI* демонстрируют высокое разрешение деталей микроструктуры с участием как абсорбционного, так и фазового контрастов. Исследование формирования изображений достаточно толстых объектов из тяжелых материалов было проведено с использованием тормозного излучения, генерированного в 13 мкм Ta мишени. Полученное с увеличением 2,4 изображение стальной пластины толщиной 10 мм, помещенной за второй более широкой стальной пластиной толщиной 40 мм показало усиленный контраст края первой пластины, за счет реализации фазового контраста при столь малом фокусе источника излучения.

В работе исследована зависимость контраста изображения от положения микроструктуры в конусе излучения, которая определяется изменением эффективного размера источника излучения при изменении угла эмиссии излучения из мишени. Показано, что контраст изображения деталей *Duplex IQI* уменьшается при перемещении структуры на периферию конуса излучения, генерируемого в 50 мкм Si пластине, ориентированной вдоль пучка электронов. Это определяется увеличением эффективного размера источника $S_H = t+T \cdot |\theta_H|$, где t – толщина мишени, T – длина мишени вдоль пучка электронов, а θ_H – угол между поверхностью мишени и направлением эмиссии излучения на определенную деталь исследуемого объекта.

Работа поддержана Российским научным фондом, проект № 17-19-01217.

Список литературы:

- [1] Pushin V S, Chakhlov V L 1997 Patent RU 2072643; <http://www.findpatent.ru/patent/207/2072643.html>
- [2] Website of the Computerised Information Technology Ltd: http://www.cituk-online.com/acatalog/Section_NDT_Digital_Radiography_Calibration_Devices.html

РЕНТГЕНОВСКИЙ КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРУБ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА НА ОСНОВЕ КОНТУРНОЙ ТОМОГРАФИИ

Оздиев Али Хосенович, Владимир Александрович Смолянский, Юрий Юрьевич Крючков
Томский Политехнический Университет
Юрий Юрьевич Крючков
ozdiev@tpu.ru

Одним из распространенных на настоящий момент методов контроля сварных соединений труб является рентгеновская томография. Стандартная схема контроля представлена на рисунке 1, при этом система настраивается таким образом, что излучение проходит сквозь две стенки трубы [1].