

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

УДК 620.179.1

**НОВЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ И РАЗРАБОТКИ ИНСТИТУТА ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН БЕЛАРУСИ В КАНУН 55-ЛЕТИЯ СО ДНЯ ОБРАЗОВАНИЯ
Шуляковский Р.Г., Асадчая М.В.***Институт прикладной физики НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь*

В 2018 году Институт прикладной физики НАН Беларуси отмечает 55-летие со дня образования. Становление Института связано с именем выдающегося физика-магнетолога, лауреата Государственных премий СССР и БССР, Рокфеллеровской премии и премии им. М.В. Ломоносова, академика Н.С. Акулова. В 1963 г. Н.С. Акуловым на базе лаборатории физических проблем Физико-технического института АН БССР был образован Отдел физики неразрушающего контроля. В 1980 г. Отдел физики неразрушающего контроля был преобразован в Институт прикладной физики АН БССР, первым директором которого стал член-корреспондент Н.Н. Зацепин, внесший большой вклад в развитие института.

Институт прикладной физики НАН Беларуси является ведущим научным центром в Республике Беларусь в области физики неразрушающего контроля и технической диагностики. За последние годы учеными Института в рамках выполнения заданий подпрограммы «Техническая диагностика», программ Союзного Государства, грантов Фонда фундаментальных исследований получены существенные результаты по взаимодействию магнитных, электромагнитных, акустических и других полей с материалами и создан ряд новых важных разработок.

Разработана линейка толщиномеров покрытий типа МТЦ, работа которых основана на магнитодинамическом принципе действия. Толщиномер МТЦ-3 позволяет измерять толщину неферромагнитных покрытий в диапазоне от 0 до 10 мм на ферромагнитных основаниях (хром, медь, цинк, лак, краска и т. п. на конструкционных сталях), а также никелевых покрытий от 0 до 150 мкм на неферромагнитных основаниях.

В результате выполнения заданий программ Союзного Государства «Космос-НТ» и «Мониторинг СГ» разработаны толщиномеры специального назначения МТНП-1 и МТДП-1 [1]. Толщиномер МТНП-1 позволяет измерять толщину никелевых покрытий камер жидкостных ракетных двигателей (трехслойные структуры никель-бронза-ферромагнитная сталь) в диапазоне от 0 до 700 мкм. Толщиномер МТДП-1 предназначен для измерения таких же никелевых покрытий и нанесенного на них гальванического хрома толщинами до 150 мкм. Приборы поставлены на профильные предприятия Российской Федерации, по обеспечиваемому диапазону измерений и функциональным возможностям они не имеют мировых аналогов.

Разработана серия вихретоковых приборов и устройств, включающая толщиномеры проводящих покрытий на проводящих и диэлектрических основаниях, а также дефектоскопы и автоматизированные дефектоскопические комплексы, содержащие набор вихретоковых преобразователей и характеризующиеся высокой чувствительностью к нарушениям сплошности материала контролируемого изделия [2]. Они обеспечивают повышенную, по сравнению с аналогами, производительность контроля и достоверность обнаружения дефектов в ферромагнитных изделиях (трещин, раковин, пор и др.) при наличии различных мешающих факторов (высокая шероховатость поверхности, присутствие на ней окалины, ржавчины и т. п.).

Разработан портативный радиолокатор для визуализации структуры строительных конструкций, обнаружения и распознавания различных неоднородностей в них (арматура, пустоты, трещины). В радиолокаторе применены два ключевых усовершенствования: новая сверхширокополосная антенная система диапазона частот 1-4,3 ГГц и компактный радиолокационный тракт с пониженным уровнем помех, что позволяет обнаруживать более мелкие неоднородности в бетонных конструкциях [3].



Рисунок 1 – Портативный радиолокатор

В рамках программы Союзного государства «Мониторинг-СГ» разработан метод реконструкции динамических полей концентрации электронов в ионосфере [4]. Метод основан на теории фильтра Калмана и позволяет осуществлять реконструкцию полей концентрации электронов в ионосфере по данным высокоорбитальных навигационных систем ГЛОНАСС/GPS, работает в реальном масштабе времени и отслеживает динамику изменения поля ионосферы.

Разработан портативный твердомер ТПЦ-7, предназначенный для неразрушающего измерения твердости изделий из углеродистых кон-

струкционных сталей по шкалам Бринелля, Роквелла и Виккерса в энергетике, строительстве, машиностроении, металлургии [5]. ТПЦ-7 обладает малыми габаритными размерами и массой, позволяет проводить измерения при произвольной ориентации твердомера в пространстве.



Рисунок 2 – Портативный твердомер ТПЦ-7

Программно-аппаратный комплекс ИСУМ-1 предназначен для неразрушающего измерения твердости и модуля упругости углеродных и графитовых материалов (УГМ) методом динамического индентирования [6]. ПАК ИСУМ-1 является альтернативной применяемым в настоящее время при производстве авиационной и ракетно-космической техники разрушающим методам испытаний, поскольку позволяет проводить контроль качества изготовления непосредственно изделий из УГМ и отказаться от образцов-свидетелей.

Разработан новый научный подход для оценки штампуемости стального листа на производстве, а также для определения анизотропии механических и магнитных свойств листового проката сталей [7]. Новый вариант импульсного магнитного метода контроля позволяет раздельно определять магнитные свойства по различным направлениям на листе. Проведенные исследования показали возможность такого контроля магнитных свойств по направлениям относительно прокатки [8].

Новые разработки в области ультразвукового контроля находят широкое применение на предприятиях республики и за рубежом. Метод и устройство ИЧ-31 для измерения глубины упрочненных слоев предназначены для контроля толщины упрочненного слоя (закалка после цементации, ТВЧ закалка, лазерная закалка) неразрушающим методом с точностью 0,1 мм в диапазоне толщин слоев от 0 до 3 мм. Индикатор позволяет выявить области с недостаточной глубиной закалки или отсутствием упрочнения при изготовлении деталей и входном контроле. Прибор не имеет аналогов в мире, принцип его действия основан на анализе акустических характеристик упрочненного слоя [9].

Индикатор механического напряжения растяжения И4-М предназначен для определения действующих внутренних механических напря-

жений 1-го рода в резьбовых соединениях в процессе затяжки [10]. Принцип действия прибора основан на существующей в области упругих деформаций зависимости скоростей распространения объемных упругих волн от величин механических напряжений.

В рамках ГНТП «Эталонные и научные приборы» разработаны магнитоизмерительные эталонные установки (ЭУ), которые являются верхним звеном поверочных схем при испытании электротехнических сталей (ЭТС) на частоте 50 Гц и широкого класса магнитомягких материалов (МММ) при частоте перемагничивания от 50 до $2 \cdot 10^4$ Гц [11]. ЭУ в совокупности с соответствующими стандартными образцами предназначены для воспроизведения, хранения и передачи размера единиц удельных магнитных потерь и магнитной индукции в ЭТС и МММ рабочим средствам измерения при их аттестации, поверке и калибровке. Реализация указанных проектов создала научные, методические и метрологические основы для сертифицированных испытаний широкого класса МММ в РБ. Это позволяет, например, проводить в соответствии с установленными нормами 100 % входной контроль магнитных свойств всей закупаемой ОАО «МЭТЗ им. В.И. Козлова» ЭТС.

Установка для испытаний магнитопроводов трансформаторов тока (тестер магнитопроводов ТМ) предназначена для испытаний магнитопроводов трансформаторов тока, включая трансформаторы для коммерческого учета электроэнергии. Позволяет проводить измерение магнитных характеристик магнитопроводов в широком диапазоне магнитных полей – от 0,3 А/м, отличается высокой производительностью – суммарное время испытания одного магнитопровода не более 10 секунд. Используется для оперативного технологического контроля магнитопроводов в потоке производства.

На таких знаковых объектах Республики Беларусь, как «Минск-Арена», «Минск-Чижовка», Центр Фристайла, высотные здания «Парус» и «Грин-Сити» в г. Минске, внедрена разработанная в ИПФ НАН Беларуси система автоматического мониторинга строительных конструкций (СМСК), предназначенная для непрерывного наблюдения за состоянием несущих конструкций зданий и сооружений в ходе их строительства и эксплуатации. СМСК включает разработанные прецизионные датчики деформаций, углов наклона, ускорений, способы и устройства их лабораторной калибровки, установки и настройки на конструкции, последующей поверки, системы цифровой передачи данных от датчиков к вычислительному серверу, программное обеспечение для обработки больших сенсорных данных, измеряемых датчиками, и систему приближенной оценки безопасности строительных конструкций [12].

Приоритетным направлением деятельности ИПФ НАН Беларуси является решение актуальных задач неразрушающего контроля качества непосредственно для промышленных предприятий республики. Практическое использование разработанных в институте методов и средств неразрушающего контроля позволяет повысить качество и конкурентоспособность национальной продукции, надежность и безопасность функционирования промышленных объектов.

Литература

1. Лухвич, А.А. Контроль магнитодинамическим методом толщины никелевых покрытий под хромовыми на двухслойных (неферромагнетик–ферромагнетик) основаниях / А.А. Лухвич, О.В. Булатов, А.Л. Лукьянов, М.Н. Полякова, В.В. Мосякин // Дефектоскопия, 2015. – № 1. – С. 3–10.
2. Чернышев, А.В. Вихретоковый дефектоскоп для контроля гильз блока цилиндров двигателя / А.В. Чернышев, И.Е. Загорский // Контроль. Диагностика, 2014. – № 4. – С. 70–73.
3. Mikhnev V., Badeev V. A semicircle bowtie antenna for subsurface radar applications in civil engineering // 11th European Conference on Antennas and Propagation, Paris, 19-24 March 2017. – 3p.
4. Артемьев, В.М. Нелинейные алгоритмы реконструкции полей концентрации электронов в ионосфере / В.М. Артемьев, А.О. Наумов // Седьмой Белорусский космический конгресс: материалы конгресса: в 2т., 24-26 октября 2017 года, Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2017. – Т. 2. – С. 46–50.
5. Крень, А.П. Применение методов индентирования для неразрушающего контроля физико-механических характеристик конструкционных материалов / А.П. Крень, В.А. Рудницкий // Приборостроение-2016: материалы МНТК / Минск : БНТУ, 2016. – Том 1. – С. 11.
6. Крень, А.П. Применение метода динамического индентирования для контроля механических характеристик композиционных материалов / А.П.Крень, О.В. Мацулевич // Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов: материалы 6-й МНТК / Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2017. – С. 265–269.
7. Счастный, А.С. Исследование возможности контроля анизотропии листового проката / А.С. Счастный, А.А. Осипов // Неразрушающий контроль и диагностика, 2014. – № 3. – С. 20–33.
8. Стрелюхин, А.В. Моделирование процесса намагничивания тонкого листового проката из конструкционной стали / А.В. Стрелюхин, А.А. Осипов // Приборостроение-2016: материалы 9-й МНТК. – Минск, 23-25 ноября 2016 г. / Минск, БНТУ, 2016. – С. 383–385.
9. Об определении глубины поверхностного упрочнения металлов ультразвуковыми методами / А.Р. Баев [и др.] // Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов: материалы 6-й МНТК / Могилев: БРУ, 2017. – С. 355–360.
10. Левкович, Н.В. Метод и оборудование для безэталонного измерения напряжения растяжения при затяжке резьбовых соединений / Н.В. Левкович, А.Л. Майоров, В.В. Парадинец // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы МНТК. - Могилев, 14–15 апреля 2016 г. / Могилев, БРУ, 2016. – С. 265–266.
11. Сертифицированные испытания электротехнических сталей при частоте магнитного поля 50 Гц / И.И. Брановицкий [и др.] // Неразрушающий контроль и диагностика. – 2016. – № 2. – С. 16–21.
12. Венгринович, В.Л. Мониторинг сложных объектов по техническому состоянию / В.Л. Венгринович // Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов: материалы 6-й МНТК. – Могилев, 19-20 сентября 2017 г. / Могилев, БРУ, 2017. – С. 9–23.

УДК 621.375.826

ИТТЕРБИЕВЫЕ ЛАЗЕРНЫЕ СИСТЕМЫ С ПРОДОЛЬНОЙ ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ: РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЯ Кисель В.Э., Руденков А.С., Кулешов Н.В.

НИЦ Оптических материалов и технологий филиала БНТУ НИПИ, Минск, Республика Беларусь

Одним из основных направлений научно-исследовательских работ НИЦ оптических материалов и технологий филиала БНТУ НИПИ, является разработка твердотельных лазерных систем с диодной накачкой на основе новых лазерных материалов, активированных трехвалентными ионами иттербия. Данные лазерные системы находят широкое применение в различных областях науки и техники от изучения быстропотекающих процессов в различных наноматериалах до прецизионной

обработки различных материалов и систем локации и дальнометрии.

Основные результаты выполнения научных исследований за последние годы в области лазерной техники и новых материалов:

Проведен цикл работ по спектроскопии ионов Yb^{3+} в кристаллах алюминатов LuAlO_3 , YAlO_3 , CaYAlO_4 и CaGdAlO_4 ; ванадатов YVO_4 ; боратов $\text{YAl}_3(\text{BO}_3)_4$ и $\text{GdAl}_3(\text{BO}_3)_4$; вольфраматов $\text{KY}(\text{WO}_4)_2$ и $\text{KGd}(\text{WO}_4)_2$; гранатов $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$.