

V Международная конференция по неразрушающим методам испытаний материалов

В мае 1967 г. в Монреале (Канада) состоялась V Международная конференция по неразрушающим методам испытаний материалов, в которой приняли участие более 700 делегатов от 23 стран. Делегация СССР состояла из 10 человек.

На секциях рассматривались не только технические и теоретические аспекты методов и средств неразрушающего контроля, но также вопросы стандартизации и обучения персонала.

Из 82 докладов 30 были посвящены ультразвуковому методу контроля, 11 — рентгеновскому, 7 — электроиндуктивному, что отражает ведущее положение ультразвукового метода. Очень широко применяются также рентгенография и электроиндуктивный метод.

Ультразвуковой метод. Ультразвук (УЗ) применяется для выявления поверхностных и скрытых дефектов, контроля размера зерна, определения физических констант материалов и др. Рассматривались распространение УЗ-колебаний в материалах; методы определения эффективного поперечного сечения дефекта и вычисление уровня отраженной УЗ-энергии (И. Малекский, ПНР); определение размера дефекта при контроле УЗ-теневым методом (Е. Мундрей и др., ФРГ); оптимальное соотношение между диаметром излучателя и радиусом фокусирующей линзы в зависимости от частоты УЗ-колебаний (Ж. Мак-Елрой, США); картина УЗ-поля поршневых излучателей (Л. Никлас, Х. Столл, ФРГ); визуализация УЗ-полей (Х. Валий и др., США).

Несколько докладов было посвящено определению различных характеристик и физических констант материалов: прочностные характеристики углеродистой стали в диапазоне температур от +150 до -150°С определялись по затуханию УЗ-колебаний (В. Братина и др., Канада); физические константы (модуль Юнга, коэффициент Пуассона и др.) измерялись с большой точностью в диапазоне температур от +250 до -200°С по скорости распространения УЗ-колебаний (М. Сепсер и др., Франция); остаточные напряжения в поверхностных слоях деталей определялись с помощью поверхностных УЗ-волн (В. Мак-Гонейгль, С. Ян, США); структура литых деталей контролировалась по затуханию УЗ-колебаний (А. Фуллер, Англия) и т. д.

Для контроля качества листового материала использовались УЗ-волны Лэмба (Л. Бранд, ФРГ; Е. Исоно, Т. Уэно, Япония). Описано применение УЗ для выявления дефектов, измерения толщины непрерывного стального литья, контроля распределения температуры вплоть до температуры плавления (Л. Линворте и др., США). Для обнаружения дефектов в слябах при температуре ~4000°С в качестве согласующей среды использовалась расплавленная соль (С. Секино, Япония). Следует отметить, что в последние годы большое внимание уделялось механизации и автоматизации процессов УЗ-дефектоскопии в производстве. Из применяемой УЗ-аппаратуры наибольший интерес представляла установка ROT-50 с вращающимися УЗ-датчиками фирмы «Крауткремер» (ФРГ), предназначенная для дефектоскопии труб и прутков диаметром 10—50 мм со скоростью 15—60 м/мин.

На конференции демонстрировались цветные фильмы по УЗ-контролю качества клееной обшивки капсулы ракетной системы «Аполлон» (К. Каммерер, США) и сварных труб (В. Гусарек, Франция).

Электроиндуктивный метод (метод вихревых токов). Доклады в основном были посвящены практическому применению метода: контролю твердости литых деталей (А. Фуллер, Англия); определению механической прочности стареющих алюминиевых сплавов в зависимости от термических режимов обработки (Д. Зельтцер, США); выявлению поверхностных дефектов в алюминиевых штамповках (И. Харрис, Англия); контролю качества стальных труб при температуре 1000°С (М. Годшелл и др., США) и медных и алюминиевых труб в производстве (А. Арнело и А. ван Хейне, Швеция). Ведущее положение в области разработки новых методик контроля датчиков и электронной аппаратуры занимает Институт д-ра Фёрстера (ФРГ). Выпускаемая этой фирмой аппаратура широко применяется для контроля качества труб, прутков, проволоки и различных изделий в массовом производстве. Для прибора «Дефектограф» разработан новый датчик проходного типа с повышенной чувствительностью. Созданы установки для дефектоскопии проволоки диаметром 0,025—1,0 мм, снабженные датчиками с направляющими алмазными фильерами и вычислительными устройствами для подсчета числа и протяженности дефектных участков на 10 и 100 м длины проволоки.

Широкое распространение для дефектоскопии труб и прутков получили установки «Циркограф» с вращающимися датчиками. Четыре типовые модификации этой установки позволяют контролировать качество труб и прутков диаметром от 2 до 125 мм. Надежно выявляются трещины глубиной более 25—30 мк и протяженностью несколько миллиметров. Для обнаружения поверхностных дефектов в сварных соединениях и на плоских поверхностях разработаны устройства с вращающимся диском, на котором располагаются датчики.

Радиационные методы. Рентгеновское излучение применяется для оценки механической прочности литых деталей с дефектами (С. Голдспил, США), для исследования процессов разливки и затвердевания металла в слитках, образования газовых пузырей и усадочных раковин; съемки процессов проводилась с помощью фотоэлектрического преобразователя, телевизионной системы и кинокамеры (Р. Холмшоу и др., Англия) и пр. Рассматривались влияние вторичного рентгеновского излучения при просвечивании стали толщиной до 25 мм с использованием рентгеновских трубок на напряжение 200 кВ (П. Рауль, Франция); измерение жесткости рентгеновского излучения с помощью счетчика Гейгера (М. Ивамото и Х. Кичучи, Япония); оценка качества снимков при просвечивании деталей переменной толщины (Ю. д'Адлер-Рац и М. Севрин, Бельгия); автоматизация процессов просвечивания в динамике с использованием телевизионной техники и усилителей яркости изображения (Р. Холмшоу, Англия) и т. п.

Получены снимки высокого качества при использовании цветной пленки ORWO в диапазоне γ -излучения 100 кэВ — 15 МэВ (Х. Рихтер и Д. Линке, ГДР).

Потоки тепловых нейтронов используются для просвечивания облученных твэлов (В. Гарбиер, США; С. Кавасаки и др., Япония). Получены снимки твэлов с контрастной чувствительностью 10% и разрешающей способностью 0,125 мм, на которых видны трещины

и распухания таблеток из двуокиси урана, сколы и другие дефекты. Для визуализации изображения используются люминесцирующие составы с LiF, обогащенным Li⁶ (Я. Кастнер и др., США). С целью повышения контрастной чувствительности и разрешающей способности применялось одно- и двухщелевое коллимирование нейтронных потоков (Б. Бланкс и др., США).

В области бетатронной радиографии интересные результаты были получены при послойном (ширина слоя 6 мм) просвечивании стальной плиты толщиной 100 мм. Контрастная чувствительность составляет 2%, положение дефекта определялось с точностью $\pm 1,0$ мм.

Магнитный метод. Институтом Фёрстера (ФРГ) разработана аппаратура для магнитографического контроля качества сварных швов на трубах и различного проката из ферромагнитных материалов (П. Мюллер, ФРГ). Принцип действия аппаратуры основан на записи магнитных полей рассеяния в местах расположения дефектов — трещин, закатов, несплошностей и т. д. — на магнитную ленту с последующим считыванием с нее вращающейся с большой скоростью (3600 об/мин) микроголовкой диаметром 1,0 мм. Чувствительность головки на 1 э напряженности магнитного поля в 10 раз выше, чем у датчика Холла, а полоса частот 2 Мгц.

Датчики Холла применяются не только для магнитной дефектоскопии сварных швов, но также в качестве чувствительных элементов в системах слежения за положением шва (Р. Мак-Мастер и др., США). Разработана аппаратура для контроля качества электротехнической стали с применением переменного тока для намагничивания (Ю. Вдовин и А. Кадочников, СССР).

Тепловые методы. Этими методами определяют тепло- и электропроводность материалов (А. Шульдц, США) и выявляют крупные дефекты в элементах конструкций самолетов и ракет (Е. Кубиак и др., США). Для визуализации небольших изменений температуры поверхности контролируемых изделий под воздействием потока тепла используются специальные жидкости (типа жидких кристаллов). Цвет жидкости на поверхности меняется при изменении температуры на 1°С (В. Вудманс и Х. Саусворт, США).

Другие методы контроля. На конференции были зачитаны доклады по технике капиллярных методов контроля качества поверхности с использованием флуоресцирующих жидкостей и красок (Р. Бирлей и Н. Нейем, Англия; Б. Грэхем, США); по использованию фотоэластичных влагостойких покрытий для определения поверхностных деформаций (Ж. Борицкий, США); по применению теплового удара (излучение лазера) для определения термической стойкости материалов (Д. Аксельрод, Канада) и электромагнитных волн сантиметрового диапазона для обнаружения несплошностей в неметаллических материалах (Д. Прин, США), а также по некоторым другим методам контроля.

На конференции особое внимание уделялось проблеме контроля качества сварных соединений. Как и раньше, применяются преимущественно радиационные и ультразвуковые методы контроля.

Из демонстрировавшейся аппаратуры и оборудования наибольший интерес представляли автоматизированные установки фирмы «Инстрон» (США) для механических испытаний образцов по заданной программе вплоть до температур порядка 1000°С, оснащенные электронной аппаратурой для записи и измерения нагрузок и деформаций. Фирма «Спэрри продактс» (США) представила широкую номенклатуру рентгеновских установок с трубками различных типов на рабочее напряжение до 300 кВ, Фирма «Филлипс» (Голландия)

демонстрировала рентгено-телевизионную установку, снабженную видиконом, чувствительным к рентгеновскому излучению. На выставке экспонировалась хорошо известная дефектоскопическая аппаратура фирм «Магнафлак», «Крауткремер», «Брансон», «Спэрри продактс», «Магнетик анализис корпорейшн», Института Фёрстера и др., отличающаяся хорошими техническими характеристиками, высоким качеством изготовления и стабильностью в работе.

По окончании конференции группа делегатов посетила некоторые научно-исследовательские учреждения и фирмы Канады. Была предоставлена возможность ознакомиться с постановкой научно-исследовательских работ в Канаде, устройством лабораторий и применяемой аппаратурой, а также с методами и техническими средствами неразрушающего контроля, используемыми в исследованиях и на производстве. Делегаты посетили несколько лабораторий Национального научно-исследовательского центра (Оттава), лабораторию и завод Аллюминиевой компании Канады (Кингстон), научно-исследовательскую лабораторию Британо-американского общества по переработке нефти (Торонто), Проектно-экспериментальный институт государственной компании по атомной энергии Канады (Торонто), научно-исследовательскую лабораторию и завод фирмы «Дефаско» (Гамильтон), университет Мак-Мастера и ознакомились с исследовательским реактором МТР бассейнового типа при университете (Гамильтон).

Для дефектоскопии материалов в основном применяется стандартная аппаратура. Проводятся работы по совершенствованию датчиков и особенно методик контроля. Интересна организация службы контроля вибрации наиболее ответственного оборудования на заводе фирмы «Дефаско». Периодический контроль амплитуды и частоты вибрации позволяет своевременно выявить аварийное состояние оборудования и тем самым предотвратить поломки. По заявлению представителя фирмы, сроки ремонта и замены оборудования сократились в три раза. На том же заводе широко используется контроль по инфракрасному излучению состояния огнеупорной кладки печей, контейнеров и т. д. Своевременное обнаружение «горячих мест» позволяет предотвратить разрушение огнеупорной кладки и провести ремонт.

Очень большие работы проводятся в Проектно-экспериментальном институте по исследованию стойкости сборок твэлов в оболочках из сплава циркалой-2 для тяжеловодных реакторов типа CANDU и CANDU — BLW (кипящего типа) в специальных петлях в потоке горячей воды и паро-водяной смеси. Изучается система дистанционирования отдельных твэлов в сборке, на специальной оптической установке исследуется эрозийный износ оболочек твэлов и дистанционирующих элементов. В экспериментальном зале имеются макеты активных зон реакторов атомной электростанции «Дуглас-Пойнт» и строящегося реактора кипящего типа «Джентилли». На первых изучается система струйного водяного охлаждения каландровых труб (при малых нагрузках реактора), распределение потоков тяжелой воды и пр. Там же конструируются и совершенствуются машины для загрузки новых и разгрузки отработавших твэлов.

В заключение следует отметить очень хорошую организацию конференции и последующей ознакомительной поездки, а также большое внимание, оказанное делегации СССР со стороны В. Хаверкрофта и В. Бихола.

Труды конференции будут изданы осенью 1967 г.

В. ГОРСКИЙ