

УДК 621.979-82:620.179.152

**ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВОЙ РАДИОГРАФИИ
ДЛЯ ДИСЛОЦИРОВАНИЯ ДЕФЕКТОВ В ПЛИТЕ
ГОРЯЧЕГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРЕССА**Д.С. Белкин, С.А. Бабиков, А.А. Жуйков, И.А. Затонов,
И.А. Куц

Томский политехнический университет

E-mail: belkin@tpu.ru

Белкин Денис Сергеевич,
директор Регионального центра
аттестации, контроля и диагности-
ки Института неразрушающего
контроля ТПУ.

E-mail: belkin@tpu.ru

Область научных интересов: не-
разрушающий контроль, радиаци-
онный метод неразрушающего
контроля, разрушающие испыта-
ния, аттестация персонала и лабо-
раторий неразрушающего контро-
ля, аттестация персонала в области
разрушающих испытаний, экспер-
тиза промышленной безопасности.

Бабиков Степан Анатольевич,
инженер лаб. № 40 Технической
томографии и интроскопии Института
неразрушающего контроля ТПУ.

E-mail: belkin@tpu.ru

Область научных интересов: нераз-
рушающий контроль, радиационный
метод неразрушающего контроля,
разрушающие испытания.

Жуйков Артем Анатольевич,
инженер Регионального центра
аттестации, контроля и диагности-
ки Института неразрушающего
контроля ТПУ.

E-mail: belkin@tpu.ru

Область научных интересов: не-
разрушающий контроль, радиаци-
онный метод неразрушающего
контроля, разрушающие испыта-
ния, аттестация персонала и лабо-
раторий неразрушающего контро-
ля, аттестация персонала в области
разрушающих испытаний, экспер-
тиза промышленной безопасности.

Затонов Иван Андреевич,
студент Института неразрушающе-
го контроля ТПУ.

E-mail: belkin@tpu.ru

Область научных интересов: не-
разрушающий контроль, радиаци-
онный метод неразрушающего
контроля, маховичные и гироско-
пические устройства.

Куц Иван Александрович,
руководитель обособленного под-
разделения ЗАО Научно-
производственный Центр "Мол-
ния", г.Томск.

E-mail: kuts_ia@inbox.ru

Область научных интересов:
неразрушающий контроль, тех-
ническое диагностирование
опасных производственных объ-
ектов, экспертиза промышлен-
ной безопасности.

Рассмотрено использование радиационного метода неразрушающего контроля – цифровой радиографии – на примере прес-совочной плиты горячего гидравлического пресса для производства композиционных материалов на основе древесины. Отмечены факторы, влияющие на основной этап производства фанеры – склеивание, такие как температура и давление прес-совочной плиты. Основное внимание в работе авторы акцентируют на определении причины неравномерного распределения тепла по поверхности плиты. В процессе работы проводится обзор возможности использования радиационного метода контроля. Описаны параметры цифровой матричной системы DXR250V. Авторы дают обобщенную характеристику рентгеновского аппарата производства Института неразрушающего контроля РАП 220-5 и приводят его основные свойства. Рассмотрена схема контроля исследуемого объекта. Приведены практические результаты контроля плиты гидравлического пресса.

Ключевые слова:

Фанера, склейка, гидравлический пресс, дефект, радиография, РАП 220-5, рентгеновское излучение, рентгеновская пленка, экспозиция, панель, просвечивание, неразрушающий контроль.

Развитие науки и техники и появление новых способов, методов и средств неразрушающего контроля, а также их применение на практике позволило более оптимально и рационально подойти к решению поставленных задач. Часто специалисты неразрушающего контроля сталкиваются с нестандартными объектами, требующими выбор метода и методики контроля. В данной работе описаны результаты контроля металлической плиты, являющейся основным рабочим элементом горячего пресса для производства композиционных материалов на основе древесины.

Прес-совочная плита гидравлического пресса внешне представляет собой монолитную стальную конструкция с входным и выходным отверстием масляного канала диаметром 29,5 мм. Размеры плиты: длина 2600 мм, ширина 1400 мм, толщина 60 мм. Расположение внутренних каналов в плите неизвестно.

Склеивание специально подготовленных шпонов в горячем гидравлическом прессе является одним из основных этапов производства композиционных материалов на основе древесины (фанера, ДСП). Роль давления прес-сования в данном процессе заключается в получении равно-

мерного шва минимальной толщины и сближении склеиваемых поверхностей.

Помимо давления важным фактором, влияющим на продолжительность процесса склейки в горячем гидравлическом прессе, является температура прессы. Согласно эмпирическому правилу Вант-Гоффа при повышении температуры на каждые 10 градусов сокращается время химической реакции, а следовательно, и время склеивания в два раза.

Принципиальным преимуществом использования горячего прессования является избирательность нагрева. Так как в жидком клее диэлектрические потери выше, чем в сухой древесине, то тепловая энергия в основном выделяется в зонах клеевых соединений, что позволяет значительно ускорить процесс склеивания.

Одним из способов прогрева материала в гидравлических прессах является контактный способ, реализуемый нагревом металлических плит. Нагрев плиты осуществляют разными способами, например паром, горячей водой или термомаасляной установкой.

При работе прессы возникает проблема неравномерного распределения тепла по плите из-за засора внутренних каналов, что приводит к нарушению процесса склеивания древесины и, как следствие, появлению дефектной продукции. Продувка каналов высоким давлением не дала положительных результатов. Перед специалистами была поставлена задача по обнаружению мест расположения каналов, тромбов и засоров в них.

Работы по определению расположения внутренних каналов в плите, их геометрических размеров и определению возможных мест засора выполнялись специалистами Института неразрушающего контроля с применением неразрушающего метода контроля – цифровой радиографии.

В широком смысле радиационный метод контроля основан на преобразовании скрытого радиационного изображения контролируемого объекта в радиографический снимок. Это становится возможным благодаря способности рентгеновских лучей проникать через материал и воздействовать на светочувствительную рентгеновскую пленку, расположенную с обратной стороны исследуемого объекта (рис. 1).

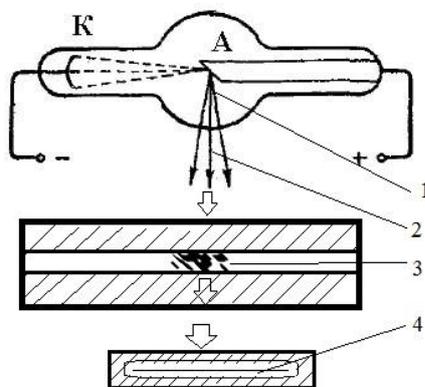


Рис. 1. Просвечивание исследуемого объекта рентгеновским аппаратом: 1 – рентгеновская трубка; 2 – рентгеновские лучи; 3 – засор в плите гидравлического прессы; 4 – кассета с рентгеновской пленкой

В местах засора из-за изменения плотности материала поглощение лучей будет более активным, а воздействие на чувствительный слой рентгеновской пленки уменьшится. Под воздействием излучения в плёнке происходят фотохимические реакции, которые при химической обработке и проявке позволяют визуализировать внутреннюю структуру объекта.

Одной из последних тенденций развития радиационных методов контроля является использование в качестве детектора излучения цифровых матричных детекторных систем. Принцип работы таких систем регистрации основан на преобразовании рентгеновского излучения в дискретную матрицу аналоговых сигналов, их оцифровке и выводе на дисплей компьютера в виде цифрового изображения (рис. 2).

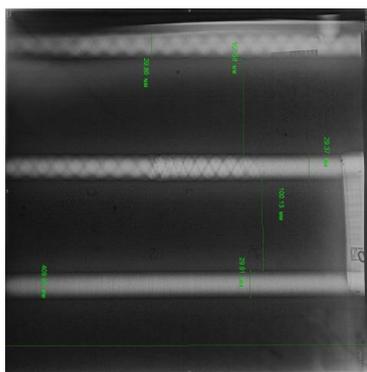


Рис. 2. Оцифрованное изображение части исследуемого объекта

Использование цифровых систем рентгенографии дает возможность получать изображения с менее жесткими требованиями по экспозиции, чем при использовании традиционных систем. Неточности в экспозиции, как правило, приводят к темному, пересвеченному или слабоконтрастному изображению. Такие неточности с легкостью могут быть исправлены при использовании цифровых технологий. Основными преимуществами использования систем цифровой радиологии является контроль в режиме реального времени; отсутствие проявочных, химических реактивов, необходимости зарядки и фотообработки рентгеновской пленки; визуализация на мониторе с возможностью обработки изображения (яркость/контраст); снижение экспозиции; цифровая обработка, фильтрация; частичная и полная оценка качества (склейка частей изображения в одно); сохранение и архивирование изображений и пр.

В данной работе для регистрации рентгеновского излучения использовался портативный цифровой детектор DXR250V производства General Electric (рис. 3). Панель, характеристики которой приведены в табл. 1, является портативной и может применяться в полевых условиях.



Рис. 3. Цифровой детектор DXR250V

Таблица 1. Характеристики цифрового детектора DXR250V

Наименование	Характеристики
Портативный детектор DXR350V	Тип детектора: аморфный кремний. Материал сцинтиллятора: оксисульфид гадолиния. Размер активной области детектора: 410×410 мм. Размер детектора: 2048×2048 пикс. Размер пиксела: 200 мкм. Аналого-цифровой преобразователь: 14 бит. Минимальное время экспозиции: 130 мс. Интерфейс передачи данных: gigabit Ethernet. Динамический диапазон: 10 000:1. Размер 585×465×27 мм. Вес 6 кг. Диапазон рабочих температур: 10 + 35 °С. Напряжение питания: 100 + 240 В. Частота питающей сети 50 + 60 Гц



Рис. 4. Рентгеновский аппарат РАП 220-5

В качестве источника излучения использовался переносной рентгеновский аппарат производства Института неразрушающего контроля – РАП 220-5 (рис. 4), предназначенный для неразрушающего контроля изделий, материалов и сварных соединений направленным пучком рентгеновского излучения в условиях производственных цехов, строительных и монтажных площадок. Длительность импульсов рентгеновского излучения генерируемого аппаратом составляет около $2,5 \times 10^{-4}$ с с возможностью регулировки частоты до 450 Гц. Выбор источника излучения обусловлен суммарной толщиной контролируемого изделия и возможностью расположить аппарат в необходимой плоскости.

В табл. 2 приведены краткие характеристики рентгеновского аппарата серии РАП 220-5.

Таблица 2. Характеристики рентгеновского аппарата РАП 220-5

Характеристики	РАП 220-5
Диапазон высокого U, кВ	50...200 через 1 кВ
Диапазон тока, mA	0,3...5,0 через 0,1 mA
Максимальная мощность, кВт	1,1
Размеры фокусного пятна, мм	2,0×2,5
Угол раствора рабочего пучка	40°
Просвечивающая способность для стали при $FFD = 700$ мм; $D7(Pb) = 2,0$; $t(экс) = 5$ мин, мм	35
Длительность экспозиции с шагом через 1 секунду	от 1 до 9999
Масса блоков: моноблок/блок питания/пульт управления, кг	30/7,6/0,3
Габариты моноблока с масляной изоляцией аппарата РАП 220-5, мм	220×380×400

Рентгеновский аппарат установлен на высоте 0,4 м над плитой при помощи штативов (рис. 5). Детекторная панель располагалась под плитой в центре пучка излучения, максимально близко к поверхности контроля. Фокус излучения выбран таким образом, чтобы обеспечить максимальную эффективность работы панели в ее рабочей области. Для избежания краевого эффекта при контроле вдоль границы плиты устанавливались свинцовые блоки. Чувствительность контроля составила 0,5 мм на суммарной толщине по стали 30,5 мм, время экспозиции 17 с, напряжение 220 кВ, ток 5 mA.

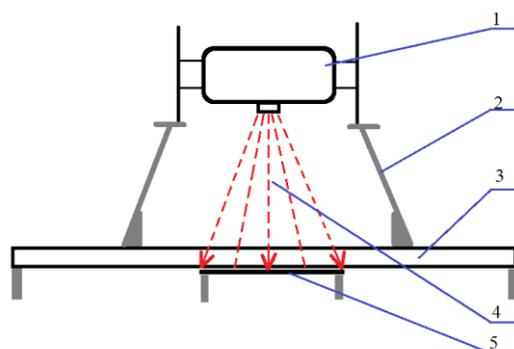


Рис. 5. Схема контроля исследуемого объекта: 1 – рентгеновский аппарат РАП 220-5; 2 – штативы; 3 – исследуемый объект (плита горячего гидравлического пресса); 4 – поток рентгеновского излучения; 5 – цифровой детектор DXR250V

На рабочую поверхность плиты была нанесена разметка в соответствии с размерами рабочей зоны панели. После получения изображения участка плиты излучатель и приемник перемещали на новый участок таким образом, чтобы при склейке всех снимков получилась целостная картина внутренней структуры (рис. 6).

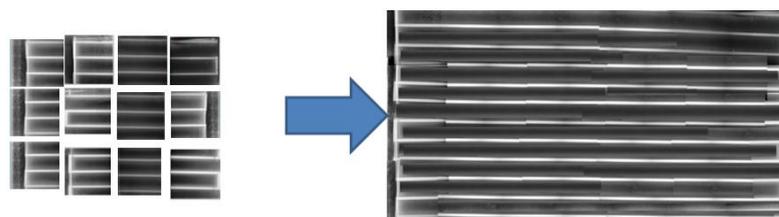


Рис. 6. Получение целостной картины внутренней структуры

Практическим результатом контроля явилось:

- определение расположения внутренних каналов плиты гидравлического пресса;
- обнаружение сужений отверстий в виде спиральных наростов в отдельных каналах;
- обнаружение технологических дефектов канала в центре плиты;
- обнаружение инородных металлических включений.

Проведенное исследование позволяет сделать вывод об эффективности применения метода цифровой радиографии для целей неразрушающего контроля. Цифровая радиография позволяет быстро выполнять задачи диагностики и дефектоскопии, повышать производительность и качество операций при экспозициях, в несколько раз меньших, чем при традиционной радиографии на рентгеновскую пленку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глебов И.Т. Оборудование для склеивания древесины. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2010.–170 с.
2. Практика радиографического контроля: учеб. пособие / В.К. Кулешов, Ю.И. Сертаков, П.В. Ефимов, В.Ф. Шумихин. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 288 с.
3. Стась Н.Ф. Неорганическая химия: лекции для студентов хим. спец. технических ун-тов: учеб. пособие—Томск: Изд-во ТПУ, 2002. — 140 с.

4. Прессы для склейки древесины: Global edge. – URL: http://www.globaledge.ru/ru/equipment/derevoobrabatyvayushhee_oborudovanie_i_derevoobrabatyvayushhie_stanki/pressy_dlya_sklejki (дата обращения: 01.10.2014).
5. Радиографический контроль: Проектно-конструкторско-технологический институт. – URL: http://www.zaopkti.spb.ru/services07_49.html (дата обращения: 21.09.2014).
6. DXR250V Direct Radiography: General Electric Company. – URL: http://www.ge-mcs.com/download/x-ray/digital-x-ray/DXR250V/GEIT-40050EN_dxr250v.pdf (дата обращения: 03.09.2014).
7. Рентгеновский аппарат РАП 220-5: Приборы и оборудование для неразрушающего контроля и геодезии. – URL: http://www.ndt-geo.ru/product_688.html (дата обращения: 24.09.2014).

Поступила 06.10.2014