

**Методика контроля качества клеевых соединений
импедансным методом**

Quality control of adhesive bonds by an impedance method

***Аннотация.** Рассматривается проблема качества клеевых соединений при изготовлении вагонов электропоездов. Предлагается методика проведения оперативного контроля качества клеевых соединений импедансным методом с использованием дефектоскопа «ДАМИ-С09». Доказывается, что внедрение методики позволит предотвратить появление некачественных изделий при сборке и будет способствовать выполнению принципов менеджмента качества.*

***Abstract.** The article deals with the problem of quality of adhesive bonds at production of electric trains cars. The method of carrying out an operation quality control of adhesive bonds by an impedance method with the use of the defectoscope «DAMI-C09» is offered. Introduction of the method will allow to prevent the emergence of low-quality products at assembly and will promote carrying out the principles of quality management.*

***Ключевые слова:** контроль качества; клеевые соединения; методика контроля; импедансный метод; неразрушающий контроль.*

***Key words:** quality control; adhesive bonds; control methods; impedance method; non-destructive control.*

В настоящее время все более широкое применение в машиностроении приобретают клеевые соединения деталей. Технология соединения различных компонентов склеиванием играет важную роль в промышленности, поскольку позволяет создавать соединения с продолжительным сроком службы из материалов в любой комбинации, сохранять свойства материалов соединяемых изделий, избегать повреждения соединяемых изделий. Процесс склеивания, в сравнении со сваркой или пайкой, происходит с относительно небольшим выделением тепла. В целом применение технологии склеивания в промышленном производстве приводит к экономии времени, ускорению производственного процесса и поэтому имеет реальные экономические преимущества.

Процессы склеивания материалов широко используются на предприятии ООО «Уральские локомотивы» при производстве электропоездов. В вагонах производят вклеивание боковых окон, фронтальной маски, элементов входных дверей в пассажирский салон, а также двери в служебный тамбур.

Кроме того, производят различные операции по склеиванию и герметизации мелких элементов в составе вагона.

В связи с проведением обязательной процедуры сертификации предприятия ООО «Уральские локомотивы», в частности на проведение клеевых работ, возникла необходимость разработки методики контроля качества клеевых соединений.

При конструировании изделий на основе полимерных соединений возникает потребность в контроле соединений между слоями, а именно в выявлении скрытых дефектов клеевого слоя, таких как пористость, непроклеи, полости внутри клеевого слоя. На предприятии ООО «Уральские локомотивы» для проведения контроля качества клеевых соединений ранее использовались методы разрушающего контроля, включающие квазистатические испытания. Данные испытания осуществляют на контрольных образцах: путем растяжения со сдвигом; на отслоение при помощи плавающего валика; на отслоение клеевого валика, – и проводятся непосредственно в рамках валидации технологических процессов перед запуском производства. Валидация подтверждает, что «вы создали правильный продукт», а верификация подтверждает, что «вы создали продукт таким, каким и намеревались его сделать».

Квазистатические испытания в результате позволяют определить несоответствия только адгезивного и когезивного характера. Нет возможности выявить такие скрытые дефекты клеевого слоя. При проведении анализа на предприятии обнаружили, что часто встречаемые несоответствия – это вздутие в клеевом соединении окон пассажирского салона. При последующем проведении ремонта дефектных мест были выявлены непроклеи, пустоты в клеевом соединении. Все это влечет за собой дополнительные затраты на проведение ремонтных работ, происходит задержка передачи вагона на другой этап производства, и, как следствие, имеет место отставание от плана.

Основной недостаток разрушающих методов контроля заключается в том, что клеевой слой путем механических испытаний разрушают и только после этого выявляют дефекты по характеру разрушения. Наиболее целесообразным является использование неразрушающих методов контроля, поскольку не требуется демонтаж или выведение объекта из работы, а также изделие в дальнейшем может функционировать по своему назначению. В настоящее время на производстве применяется оперативный контроль для определения качества клеевых соединений.

Неразрушающий контроль клеевых соединений, чаще всего, осуществляют акустическим импедансным методом [4]. Данный метод контроля основан на анализе изменения механического импеданса или входного акустического импеданса участка поверхности объекта контроля, с которым взаимодействует преобразователь. Применяемый для контроля качества клеевых соединений вагонов электропоездов импедансный метод с возбуждением изгибных волн заключается в том, что генератор возбуждает продольные гармонические колебания преобразователя с помощью излучателя. Эти колебания трансформируются в изгибные колебания объекта контроля. Изменение режима колебаний фиксируется индикатором. Наличие дефекта вблизи поверхности уменьшает модуль входного механического импеданса. Дефекты отмечают по изменению амплитуды и фазы выходного сигнала. Импедансный метод позволяет выявлять дефекты, имеющие размеры не менее 8 мм, что является недостаточным для контроля соединений. Кроме того, для проверки всего клеевого сечения необходимо контролировать изделие последовательно с двух сторон.

Анализ литературы показывает, что особое внимание уделяется вопросам склеивания новых полимерных материалов, поиску и разработке инновационных методов контроля и испытаний клеевых соединений, в том числе с высоким пространственным разрешением [6], с использованием электромагнитных волн для контроля прочности клеевых соединений в многослойных конструкциях [3], при определении механических свойств клеевых соединений и оценке адгезии на различных поверхностях [1], для оценки структуры клеевого соединения без его разрушения с применением компьютерной микротомографии [2].

Отсутствие национальных стандартов определило использование немецких нормативных документов для проведения специальных процессов склеивания в процессе производства. основополагающими документами являются следующие: DIN 6701, в соответствии с которым осуществляется сертификация предприятия на соответствие проведения клеевых работ в процессе производства рельсовых транспортных средствах и их деталей; DVS 1618 – регламентирует проведение испытаний клеевых соединений, выполнение процессов склеивания в структуре рельсового транспортного средства; технологическая инструкция на проведение клеевых работ с использованием клеев Sika.

Разработанная методика контроля предназначена для оперативного контроля клеевых соединений импедансным методом. Для проведения контроля неразрушающим методом предложен, исходя из его характеристик, многофункциональный дефектоскоп «ДАМИ–С09», принцип действия которого основан на импедансном методе и предназначен для обнаружения дефектов типа расслоений, непроклеев, нарушений целостности клеевых конструкций и сотовых структур. С целью повышения качества продукции контроль может осуществлять персонал, который прошел соответствующее обучение и сертификацию.

В процессе производства определены следующие виды контроля продукции: контроль первого образца изделия; операционный контроль; приёмочный контроль; контрольные точки заказчика; инспекционный контроль. Перед началом проведения контрольных операций ведущим инженером по качеству составляется план качества, в котором указываются основные узлы для контроля, контролируемые параметры, инструменты и приспособления для контроля. Контроль первого образца изделия проводится в соответствии с инструкцией. При операционном контроле для клеевых материалов производственный мастер предъявляет специалисту отдела технического контроля, ответственному за контроль выполнения работ по склеиванию, образцы клеевых соединений для проведения испытаний, по результатам которых принимается решение о дальнейшем использовании данного соединения. В момент проведения клеевых работ специалисты отдела технического контроля также проверяют качество выполнения работ данного вида. Контроль в процессе производства осуществляется непосредственным исполнителем конкретной операции, мастером и работником отдела технического контроля.

Перед проведением контроля клеевых соединений требуется произвести осмотр поверхности контролируемых изделий, состояние и шероховатость которых не должны ухудшать условия проведения контроля. На поверхностях не должно быть загрязнений и царапин, которые могут исказить результаты контроля.

Перед началом работы необходимо произвести настройку дефектоскопа. Для этого преобразователь устанавливают на заведомо бездефектный участок изделия и начинают перемещать по поверхности. При этом траектория движения преобразователя в виде маркера на экране дефектоскопа будет фиксироваться синим цветом, формируя зону фрикционных шумов. После этого произ-

водят фиксацию бездефектной зоны, настройка закончена и прибор готов к работе. В работе [5] для обеспечения настройки дефектоскопа по контролируемой продукции предложено в качестве основного параметра контроля использовать частоту нагруженного на контролируемое изделие преобразователя.

Далее прикладывают преобразователь на поверхность контролируемого изделия и перемещают его по всей площади поверхности. Если перекрестие на экране дефектоскопа не выходит за рамки предварительно настроенной зоны, то клеевое соединение выполнено качественно. При обнаружении дефекта маркер выходит за пределы фиксированной зоны, происходит срабатывание звуковой и световой сигнализации.

При контроле со сканерным устройством перемещения преобразователя отображаются на экране дефектоскопа. Если участок закрасился красным цветом, это свидетельствует о наличии дефекта, отсутствие дефекта отражается зеленым цветом (рис. 1). Прибор дает возможность показать общее количество обнаруженных дефектов, а также определить площадь выбранного дефекта. Выбранный дефект на экране выделяется белым цветом.

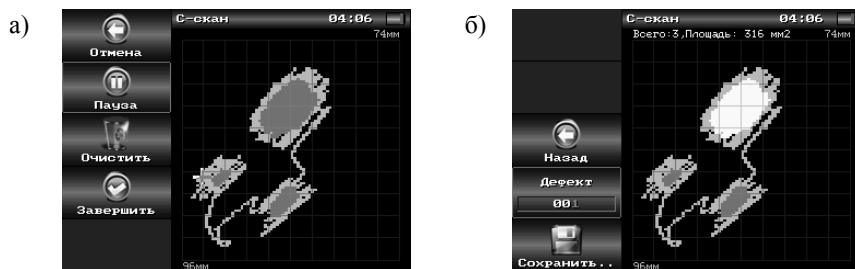


Рис. 1. Результаты сканирования на экране дефектоскопа:

- полученное отсканированное изображение;
- режим измерения площади дефектов

Результаты контроля могут быть сохранены в память дефектоскопа для дальнейшего переноса их на электронный носитель или для вывода на экран. В распечатанном бумажном виде результаты контроля служат нормативным документом, подтверждающим проведение контроля качества.

Экономические расчеты показали, что после внедрения данной методики и использования в течение полугода соответствующего оборудования для контроля качества клеевых соединений на примере монтажа боковых

окон пассажирского салона количество несоответствующей продукции существенно снизилось, экономический эффект от снижения количества брака составил 422,5 тысячи рублей.

Для повышения эксплуатационной надежности клеевого соединения между изделиями рекомендуется систематический оперативный контроль стабильности технологических параметров процесса склеивания, а также эффективные методы и средства анализа причин несоответствий, обусловленные скрытыми дефектами. Предлагаемая методика контроля акустическим импедансным методом с использованием дефектоскопа «ДАМИ–С09» позволяет выявлять дефекты с высокой достоверностью на ранних стадиях производства, предотвращая незапланированные затраты, и не требует наличия контрольных образцов для настройки прибора.

Список литературы

1. *Инновационные методы тестирования для клеевых соединений пластмасс* / Э. Краус, Б. Баудрит, П. Хандемайер, М. Бастиан, И. А. Старостина, В. В. Курносов, О. В. Стоянов // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 16. С. 122–125.
2. *Исследование клеевых соединений методом компьютерной микротомографии* / А. А. Тамби, К. В. Чаузов, К. В. Дзюба, А. Н. Чубинский // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 4. № 3 (9). С. 275–279.
3. *Кузнецов В. П.* Акустоэлектромагнитный метод неразрушающего контроля прочности клеевых соединений / В. П. Кузнецов, В. К. Кулешов, Ю. А. Фадеев // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 6. С. 86.
4. *Машиностроение.* Энциклопедия: в 7 т. Т. III-7. Измерения, контроль, испытания и диагностика / В. В. Клюев, Ф. Р. Соснин, В. Н. Филинов [и др.]; под общ. ред. В. В. Клюева. Москва: Машиностроение, 1996. 464 с.
5. *Мурашов В. В.* Неразрушающий контроль многослойных конструкций из полимерных композиционных материалов акустическим импедансным методом без применения контрольных образцов для настройки приборов / В. В. Мурашов // Новости материаловедения. Наука и техника. 2014. № 1. С. 6.
6. *Титов С. А.* Разработка метода ультразвукового контроля клеевых соединений с высоким пространственным разрешением / С. А. Титов, А. Н. Богаченков // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. 2008. Т. 8. № 2. С. 223–225.