

УДК 621.74.08

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ ЛИТЫХ БОКОВЫХ РАМ ТЕЛЕЖКИ ГРУЗОВОГО ВАГОНА С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ ФАЗИРОВАННЫХ РЕШЕТОК

Т. И. МАКАРОВА, Н. В. МЕЛЕШКО

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»

ООО «Микроакустика-М»

Москва, Россия

UDC 621.74.08

ULTRASONIC TESTING OF CAST PARTS OF BOGIES WITH PHASED ARRAY TECHNIQUE

T. I. MAKAROVA, N. V. MELESHKO

Аннотация

В данной статье рассматривается возможность ультразвукового контроля литых деталей тележки грузового вагона сложной конфигурации на примере боковой рамы тележки модели 18-100. Представлены выбранные параметры контроля и схемы сканирования для различных зон контроля. Для реализации контроля с литых поверхностей, имеющих высокую шероховатость, спроектированы и произведены специальные призмы из Аквалена. В статье приведены результаты контроля образцов с искусственными и естественными дефектами.

Ключевые слова:

неразрушающий контроль, ультразвуковой контроль, литые детали, дефекты литья, фазированная решетка, аквален, эластомерная призма, электронное сканирование, настроечный образец, железнодорожный транспорт, тележка грузового вагона, боковая рама.

Abstract

The article describes possibilities of phased array flaw detectors application for testing of railway transport units, such as cast parts of bogies of freight cars. The task was to reproduce the standard testing procedures using phased array flaw detectors and demonstrate their advantages in visibility, efficiency, repeatability, results validity.

Sector scanning technique with the phased array flaw detectors OmniScan in the minimum configuration was used for the research. In the all cases acoustical images of the following reflectors were obtained within the range of selected angles: side drilled holes and natural defects in solebars.

Solebar testing has been more complicated because of a form and irregularity of scanning surface and a complex profile of back surface.

Application of phased arrays substantially increases testing efficiency and improves visibility of obtained results.

Key words:

non-destructive testing, ultrasonic testing, cast parts, casting defects, phased array, aqualene, elastomeric wedge, electronic scanning, reference block, railway transport, bogie of freight car, solebar.

Введение

Главной задачей железнодорожных грузовых и пассажирских перевозок является обеспечение безопасности. Основной причиной крупных аварий на железнодорожном транспорте является излом ответственных деталей колесной пары. Наиболее часто такой деталью является боковая рама. Изломы происходят по ряду причин, из которых основной является образование и развитие усталостных трещин в радиусном переходе R55 буксового проема, что, в свою очередь, связано с наличием внутренних литейных дефектов [1].

Анализ актуальной нормативно-технической документации (НТД) показал, что неразрушающий контроль боковых рам при изготовлении и эксплуатации предполагает обнаружение только поверхностных дефектов с помощью магнитопорошкового метода [2]. Таким образом, выявление внутренних дефектов по действующей НТД не предусмотрено, что и является главной проблемой.

Особенности ультразвукового контроля литых деталей

Особенности традиционного ультразвукового контроля (УЗК) литых деталей определяется несколькими специфическими факторами [3]:

- сложная форма, связанная с различной кривизной поверхности и переменной толщиной в разных областях детали;
- наличие нерегулярных конструктивных отражателей, предусмотренных чертежно-технической документацией, но затрудняющих расшифровку индикаций на А-скане;
- сложная форма несплошностей, приводящая к большому рассеянию акустического поля;
- необходимость подготовки поверхности ввиду высокой шероховатости.

Основными методами УЗК отливок являются эхо-метод и зеркально-теневой. Контроль изделий толщиной до 50 мм производят прямыми раздельно-совмещенными и наклонными пьезоэлектрическими преобразователями (ПЭП), причем угол ввода выбирают из диапазона 37–70°.

Возможно, именно из-за перечисленных выше факторов УЗК для выявления внутренних дефектов не нашел применения при контроле боковых рам на железнодорожном транспорте.

Благодаря современным дефектоскопам с фазированными решетками (ФР) возможно решить ряд проблем, связанных с применением УЗК литых деталей тележки. Основным преимуществом данной технологии является возможность электронного управления параметрами ультразвукового луча. Электронное сканирование может осуществляться в любом диапазоне углов, что позволяет обнаруживать дефекты, различно ориентированные относительно акустической оси. Полученное с помощью ФР изображение наглядно отображает сигналы от дефектов и конструктивных особенностей под разными углами, что позволяет определить тип и размер дефектов и отстроиться от мешающих эхо-сигналов. Данный метод позволяет значи-



тельно расширить зону охвата сканирования, следовательно, и площадь обнаружения путем устранения сложных приспособлений и многочисленных преобразователей, часто используемых в традиционном УЗК [4].

Настройка и результаты контроля

Ранее в статье [5] были описаны результаты исследований с помощью дефектоскопа OmniScan компании Olympus с ФР и наклонной призмой из оргстекла. В данной статье представлены результаты УЗК образцов боковой рамы тележки модели 18–100 дефектоскопом с фазированными решетками и эластомерной призмой.

Эластомерная призма изготовлена из материала аквален, акустический импеданс которого приблизительно равен импедансу воды, а скорость продольных волн равна 1590 м/с, что позволяет получить больший угол преломления при переходе в сталь. Применение такой призмы дает возможность проводить контроль неподготовленной поверхности высокой шероховатости, так как аквален достаточно гибкий. Также есть возможность вырезать призму любой формы из листа такого материала, что решает проблему контроля деталей сложной конфигурации.

Для исследований использовался дефектоскоп Omniscan SX с фазированной 16-элементной решеткой рабочей частотой 5,0 МГц. Были спроектированы и изготовлены призмы из аквалена для осуществления контроля поперечными волнами (рис. 1).

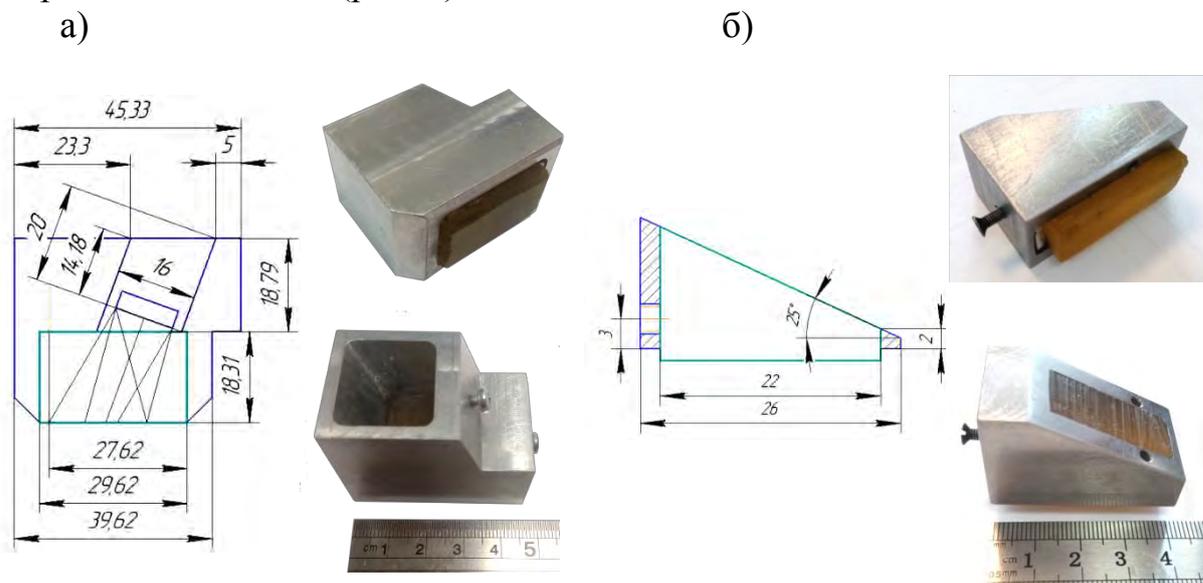


Рис. 1. Чертежи и фотографии изготовленных призм: а – с фиксацией решетки под определенным углом и заполнением пространства водой; б – с наклонной плоскостью.

Для контроля зоны радиусного перехода R55 буксового проема применялось секторное сканирование поперечными волнами в диапазоне углов от 40 до 70° с фокусным расстоянием равным 20 мм (максимальная толщина детали). При данных параметрах контроля мертвая зона оказалась меньше 3 мм.

Для настройки скорости, задержки в призме, угловой чувствительности использовался настроечный образец (НО), выполненный из фрагмента боковой рамы, с искусственными отражателями типа боковое центральное отверстие (БЦО) диаметром 2 мм, расположенными на разных глубинах (рис. 2).

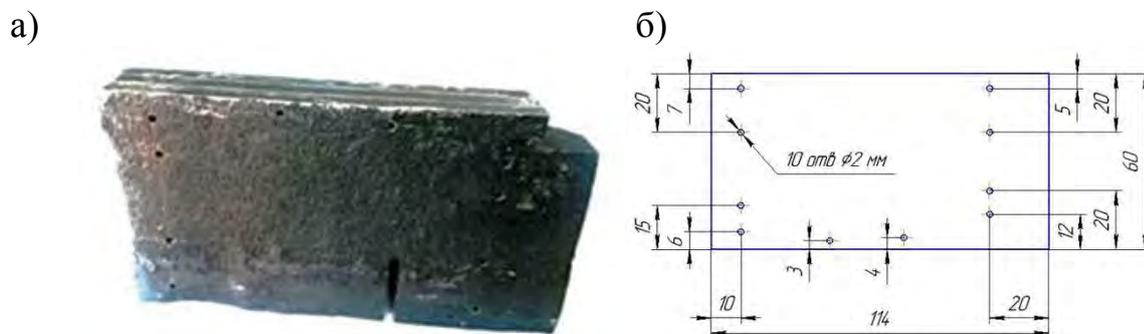


Рис. 2. Изображение настроечного образца из фрагмента боковой рамы (а); чертеж настроечного образца (б)

Также была настроена временная регулировка чувствительности (ВРЧ) для выравнивания амплитуд эхо-сигналов от одинаковых отражателей, расположенных на разной глубине. Для настройки использовались БЦО 2 мм в НО на глубинах 5, 10, 20 мм.

Браковочный уровень был настроен по амплитуде эхо-сигнала от БЦО 2 мм на глубине 20 мм в НО из материала боковой рамы.

На территории Тихвинского испытательного центра железнодорожной техники (ТИЦЖТ) с помощью предложенного оборудования и созданной настройки был проведен ультразвуковой контроль фрагментов боковых рам с естественными дефектами, образца пробы-свидетеля отливки. Результаты контроля представлены на рис. 3–5.

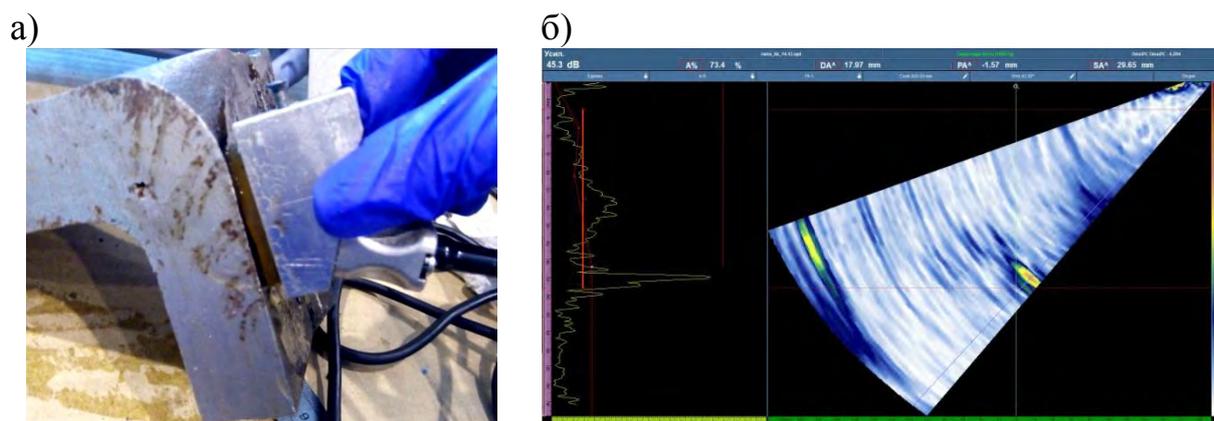


Рис. 3. Результаты контроля фрагмента боковой рамы с естественным дефектом: а – установка ФР на образце; б – акустическое изображение естественного дефекта на глубине 17 мм

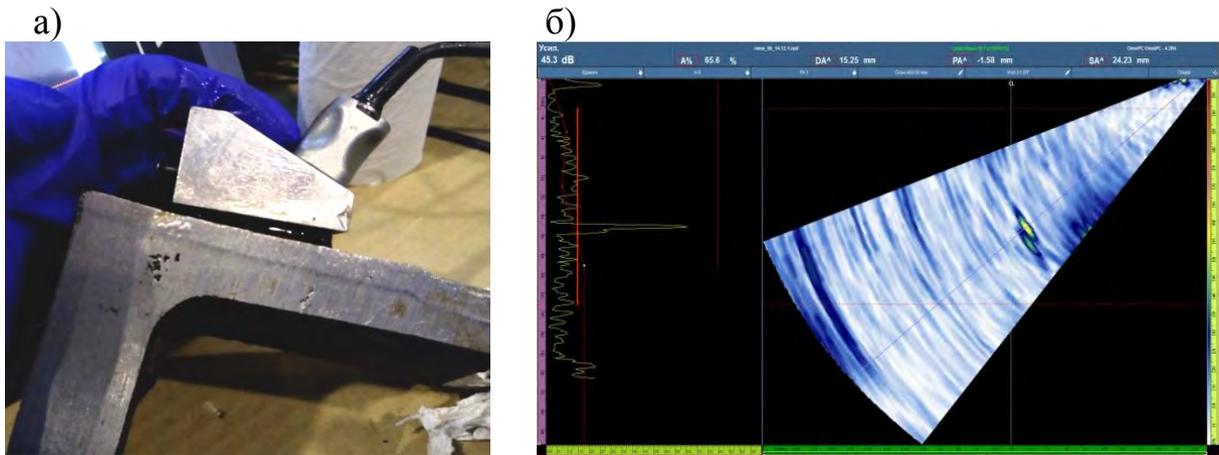


Рис. 4. Результаты контроля фрагмента боковой рамы с естественным дефектом: а – установка ФР на образце; б – акустическое изображение естественного дефекта на глубине 15 мм

Как видно, контроль фрагментов проводился с неподготовленной поверхностью и естественные дефекты при данной настройке были выявлены.

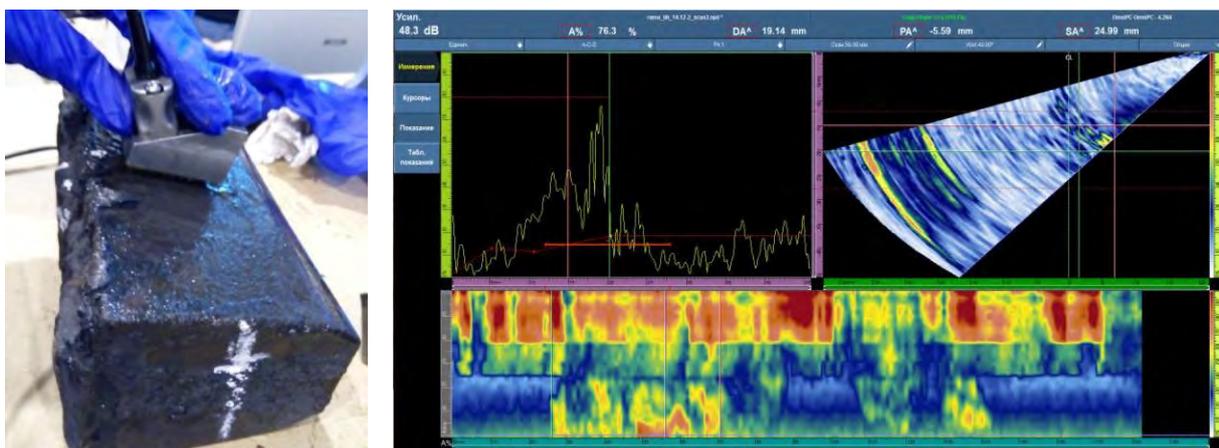


Рис. 5. Результаты контроля образца пробы-свидетеля отливки: а – установка ФР на образце; б – С-скан (прямоугольниками обозначены обнаруженные протяженные дефекты на глубинах 19 и 17 мм)

Результаты контроля пробы-свидетеля были подтверждены по результатам металлографических исследований. На рис. 6 представлено изображение среза пробы-свидетеля отливки, на котором действительно обнаружен дефект, протяженность которого совпадает с условной протяженностью.

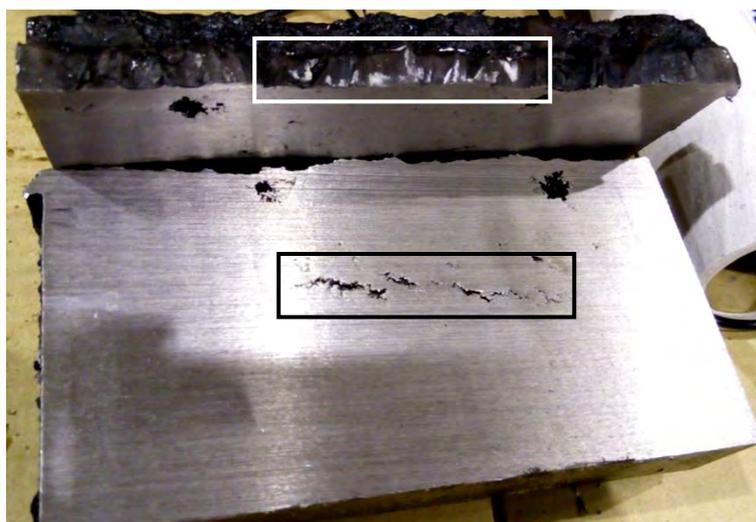


Рис. 6. Изображение среза пробы-свидетеля отливки

Заключение

Результаты, полученные при контроле с помощью эластомерной призмы, показывают применимость данной технологии в условиях работы с неподготовленной поверхностью высокой шероховатости и позволяют выявить внутренние дефекты литья.

Для подтверждения результатов контроля планируется рассчитать математическую модель с помощью программного обеспечения CIVA.

Также необходимо провести исследования с использованием дополнительного оборудования. Планируется спроектировать призму, сопрягаемую с радиусным переходом буксового проема, для увеличения области сканирования и повышения эффективности предложенной технологии, а также использовать секторную фазированную решетку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Излом боковой рамы тележки грузового вагона. Анализ технологии производства, пути устранения дефектов / А. В. Монастырский [и др.] // Машиностроение. – 2012. – № 5. – С.60–65.
2. Маловичко, В. В. Критерии браковки литых деталей / В. В. Маловичко // Мир транспорта. – 2015. – 13 т. (№5). – С.238–249.
3. Кретов, Е. Ф. Ультразвуковая дефектоскопия в энергомашиностроении / Е. Ф. Кретов. – СПб : СВЕН, 2011. – 312 с.
4. Introduction to phased array ultrasonic technology applications: R/D Tech Guideline / Quebec (Canada). – 2004. – 348 p.
5. Ультразвуковой контроль узлов железнодорожного транспорта дефектоскопами с фазированными решетками. Ч. 2 / Н. В. Мелешко [и др.] // В мире неразрушающего контроля. – 2015. – 18 т. № 4. – С. 76–80.

E-mail: taya1004@yandex.ru
meleshkonatalia@gmail.com