



Критерии браковки литых деталей



Владимир МАЛОВИЧКО

Vladimir V. MALOVICHKO

Rejection Criteria of Cast Parts

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 245)

Автор рассматривает причины и закономерности наблюдаемой в последнее десятилетие ситуации с ростом числа изломов боковых рам вагонных тележек. На основе сделанных заключений им предложены меры, направленные на повышение надежности литых деталей используемых конструкций для предотвращения возможных дефектов и повышения безопасности движения.

Среди прочего предусматриваются факторный анализ причин, влияющих на излом боковых рам тележек, разработка критериев браковки средствами неразрушающего контроля литых деталей для выявления в них внутренних дефектов, а также применение в процессе диагностирования радиационного контроля.

Ключевые слова: железная дорога, безопасность движения, грузовые вагоны, литые детали тележек, изломы, критерии браковки, неразрушающий контроль.

Маловичко Владимир Валентинович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.

Излом боковой рамы тележек – самая распространенная сегодня причина схода вагонов [1]. Хотя есть и позитив: количество таких изломов в прошлом году значительно снизилось по сравнению с 2013 годом [2].

По одной из выдвигавшихся специалистами версий самый опасный для рецидивов – это зимний период, то есть когда доминируют отрицательные температуры и наступает холодное время года [3]. Однако из 16 изломов за девять месяцев 2014 года [2] большая часть их произошла в теплые месяцы. Одна из боковых рам сломалась в центральном регионе – Московской области.

Среди случаев 2014 года один заслуживает особого внимания. Речь идет об аварии грузового поезда на станции Филипповка Куйбышевской железной дороги 9 марта, причиной которой стал излом боковой рамы тележки из-за некачественного литья. К такому выводу пришла специально созданная для расследования происшествия комиссия. Сошедший с рельсов полувагон изготовлен на украинском ООО «Трансмаш» (г. Кривой Рог), но бракованное литье производства 2012 года предприятие получило от своего партнера, амери-

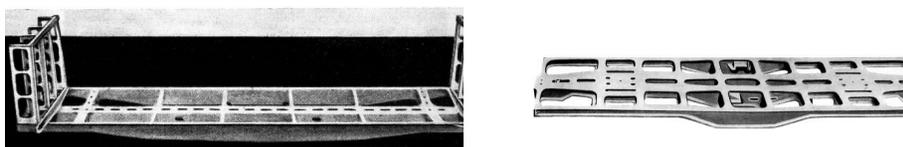


Рис. 1. Цельнолитые рамы производства США.

канской компании Amsted Rail Company Inc. Причем случай излома тележки-аналога 18–100 американского производства на территории бывшего СССР не единственный – уже третий. Ранее на Украине по причине некачественного литья произошел излом боковой рамы под одним из вагонов, в другой тележке была обнаружена трещина [4].

В ответ на вопрос, почему американские тележки могут безопасно эксплуатироваться до 50 лет, можно услышать аргумент: в США в сороковые годы прошлого века целиком отливали 16-метровые рамы платформ, в том числе с двухметровыми торцевыми стенами, торцевыми бортами, и это лучшее доказательство высокого класса литья [5, 6]. Но в данном случае речь идет не о возможностях, а о фактах. В сломавшейся тележке производства Amsted Rail, как и в других тележках модели 18–100 и ее аналогах производства России, в зонах излома имеются и поверхностные, и внутренние дефекты.

К экспортной продукции всегда предъявляются повышенные требования.

Как видно из рис. 2, 3, дефекты в боковой раме американского производства аналогичны дефектам в изломах тележек отечественных производителей. И это, несмотря на большой опыт изготовления и контроля качества тележек фирмами США.

Поэтому произошедший случай является показательным и лишней раз подтвер-



Рис. 2. Сечение излома боковой рамы тележки производства Amsted Rail.

ждает точку зрения кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» МИИТ о том, что любая тележка (литые детали), которая начинает выпускаться любым предприятием впервые, с точки зрения диагностирования должна быть объектом обязательного контроля.

Любая новая конструкция литых деталей тележки, как и любой литой детали – это новая модельно-стержневая оснастка, конструкция которой непосредственно влияет на процессы заливки, формирования структуры металла и возникновения возможных литейных дефектов, которые также могут быть новыми для нового изделия.

В качестве возможных причин массовых изломов боковых рам называются са-

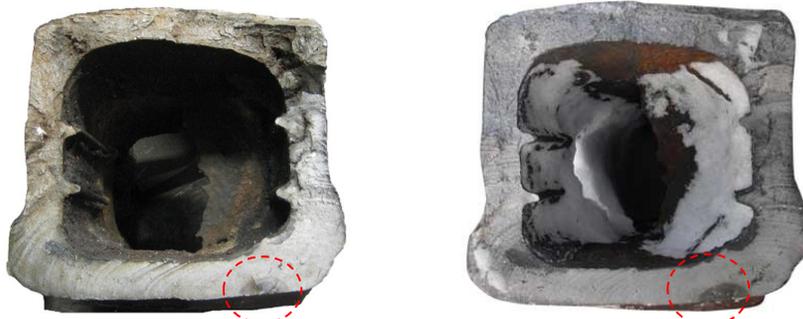


Рис. 3. Сечения изломов боковых рам тележек производства отечественных заводов [7].



мые разные, по каждому случаю проводится расследование. При этом определяются химсостав, физико-механические свойства материала, анализируются эксплуатационные условия, в которых произошли изломы.

Однако до сих пор не проведена систематизация всех данных по случаям изломов, недостаточно скрупулезно исследованы условия, в которых они происходят. Необходимо провести всеобъемлющий факторный анализ, в том числе принять во внимание: состояние пути, тип шпал, степень загрузки вагона, род груза, тип вагона, наличие и виды дефектов, модели тележки (боковой рамы), неисправности и состояние тележек и вагона на момент излома, последние ремонты, условия движения — скорость, в режиме тяги, выбега или торможения, подъем-уклон, прямая или кривая, климатические особенности, время года, другие возможные факторы.

Выполнение факторного анализа может и не дать «революционных» выводов (в значительной степени результаты зависят от полноты и достоверности предоставленных данных), но позволит в совокупности с ранее выявленными причинами изломов найти степень влияния каждого из факторов и определить, какие из них оказывают наиболее значимое, а то и главное влияние на появление дефектов в литых деталях тележек. Анализ может быть полезным для уточнения режимов вождения и торможения поездов, создания методик расчета и испытаний тележек, совершенствования их конструкции и системы диагностирования.

* * *

Важную роль в повышении качества литых деталей тележек и безопасности движения играет неразрушающий контроль. Сейчас его состояние сложно назвать удовлетворительным.

Анализ безопасности движения за 2001–2014 годы наглядно показал, что массовые изломы боковых рам начались с 2007 года [8]. Это по времени совпадает с введением запрета на исправление сваркой литейных дефектов в зоне углов буксового проема при изготовлении (извещение об изменении № 32ЦВ 7 2007 г. от 12.04.2007 г. к ТТ ЦВ-32–695–2006 «Детали

литые из низколегированной стали для вагонов железных дорог колеи 1520 мм. Рама боковая и балка наддрессорная. Технические требования»).

В результате литейные заводы стали менять технологию изготовления боковых рам, стремясь полностью устранить дефекты в ответственных зонах. Именно это, скорее всего, привело к появлению новых дефектов, и есть большая вероятность, что далеко не все из них еще проявились и изучены.

Специалистами ЦВ ОАО «РЖД» неоднократно подчеркивалось, что во всех сечениях изломов боковых рам имеются внутренние литейные дефекты. Изучение средств и методов неразрушающего контроля (далее — НК), используемых при изготовлении литых деталей вагонов на заводах, при ремонте на предприятиях ОАО «РЖД», на частных вагоноремонтных предприятиях, в пассажирских вагонных депо и в процессе эксплуатации подтверждает, что на сегодняшний день не существует надежных средств полного контроля за литыми деталями, в первую очередь — для выявления внутренних дефектов.

Внутренние дефекты в боковых рамах при их производстве на заводах-изготовителях не выявляются, за исключением косвенного контроля при ультразвуковой толщинометрии стенок рам. Но в этом случае контролю подлежат только определенные точки, и данный метод не предназначен находить внутренние дефекты.

Для выявления развивающихся внутренних дефектов на вагоноремонтных предприятиях использовался акустико-эмиссионный метод контроля, прежде всего при продлении срока службы тележек (в настоящее время продление приостановлено). На сети железных дорог имеется порядка 110 комплектов оборудования для проверки литых деталей тележек в условиях ремонта. Однако данный метод и оборудование могут применяться только для контроля уже эксплуатирующихся боковых рам. При изготовлении деталей и для рам с небольшим сроком службы он неприменим. От феррозондового метода контроля, который позволял выявлять хотя бы поверхностные дефекты, сегодня тоже отказываются.



Рис. 4. Боковая рама со сроком службы 8 лет с раковинной объемом 5 см^3 у зоны R55. Изъята из эксплуатации для исследования новых методов НК.

Сложилась парадоксальная ситуация. Одна из причин изломов деталей тележек в эксплуатации – наличие литейных дефектов, в том числе внутренних, которые не были выявлены на заводах-изготовителях. А выявлять эти дефекты при изготовлении, а также при ремонте или в эксплуатации нечем. Более того, с 2015 года количество методов неразрушающего контроля боковых рам при ремонте уменьшается с трех до одного в связи с вводом в действие новой нормативной документации – свода правил по неразрушающему контролю ПР НК В2 – ПР НК В5. Причем остается лишь метод магнитопорошкового контроля, предназначенный для выявления только поверхностных дефектов. Феррозондовый метод контроля, ультразвуковая толщинометрия боковых рам в новых правилах не предусмотрены.

Следует констатировать: ни в России, ни за рубежом на производстве литых деталей тележек не применяются средства неразрушающего контроля для выявления внутренних дефектов. За исключением китайского литейного завода в Ружоу, где используется радиационный метод контроля боковых рам.

В 2010 году были введены в действие общие требования к НК при изготовлении литых деталей тележек грузовых вагонов, разработанные ЦТА ОАО «РЖД» [9]. Требования разработаны для обеспечения надежности и достоверности применяемых изготовителями методов НК и оценки

стабильности технологии изготовления по результатам производственного контроля. В соответствии с этим документом выбор средств НК и их верификация должны осуществляться предприятиями-изготовителями литых деталей грузовых вагонов. За прошедший период, тем не менее, на производстве не появились какие-либо более совершенные методы НК деталей тележек, прежде всего – для выявления внутренних дефектов.

Между тем, как показали проведенные исследования, а также прошедшие международные выставки по диагностике и неразрушающему контролю, на рынке имеются эффективные средства неразрушающего контроля, которые могут привлекаться для повышения качества изготовления литых деталей тележек, в том числе – для радиационного контроля, о котором еще будет сказано.

Новые более эффективные методы контроля необходимо должным образом исследовать и верифицировать. К сожалению, имеются прецеденты неудачных попыток продвижения новых для вагонного хозяйства методов и средств неразрушающего контроля литых деталей тележек. Несмотря на их применимость при диагностировании деталей, по причине недостаточного обоснования они для рассматриваемых целей не считаются эффективными.



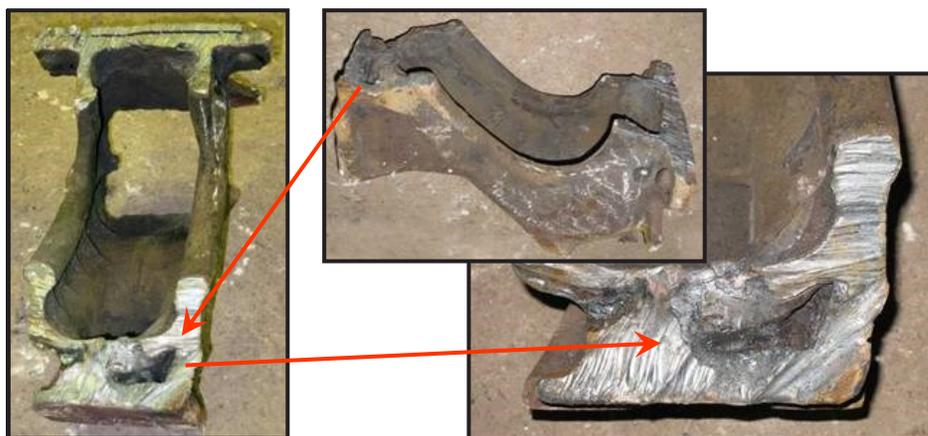


Рис. 5. Боковая рама со сроком службы 22 года с равиной объемом 50 см^3 у зоны R55. Изъята из эксплуатации для исследования новых методов НК.

Надо иметь в виду, что применение любого метода неразрушающего контроля, позволяющего выявлять внутренние дефекты (радиационного, акустических, комбинированных), сегодня может привести к тому, что при контроле будет фиксироваться 100-процентный брак. Так, по нормативным документам в настоящее время бракуются поры от 1,5 мм. А с большими по величине дефектами рамы – объемом до 50 (!) см^3 , как показали проведенные исследования, конструкции служат десятилетиями – рис. 4, 5.

Любые новые методы НК способны дать необходимый эффект только при наличии обоснованных критериев браковки по выявляемым внутренним дефектам, которых (критериев), к сожалению, пока не существует. Не существует и каталога литейных дефектов деталей тележек.

Работа по техническим требованиям ЦВ-32–695–2006, а также ОСТ 32.183–2001 «Тележки двухосные грузовых вагонов колеи 1520 мм. Детали литые. Рама боковая и балка надрессорная. Технические условия» на протяжении последних лет не дала желаемых результатов. Не содержат требуемых критериев браковки по внутренним дефектам такие документы, как разрабатываемый ГОСТ «Неразрушающий контроль литых деталей тележек грузовых вагонов. Общие требования к методам контроля», утвержденные в августе 2013 года «Критерии браковки литых деталей тележек грузовых вагонов модели 18–100 и их аналогов в эксплуатации». 1 июля 2014 года введен в действие ГОСТ 32400–2013 «Рама бо-

вая и балка надрессорная литые тележек железнодорожных грузовых вагонов. Технические условия». При этом не отменены ОСТ 32.183–2001 и ТТ ЦВ-32–695–2006. По мнению некоторых специалистов, сочетание заложенных в ГОСТ 32400–2013 критериев браковки и поверхностной обработки дефектных зон допускает наличие опасных внутренних дефектов [10].

Задача по разработке критериев браковки литых деталей тележек по внутренним дефектам отличается значительным объемом исследований, которые требуют экспериментального подтверждения.

Если раньше критерии браковки и методы контроля были указаны в нормативной документации (ТТ ЦВ-32–695–2006, ОСТ 32.183) и они касались фактически одной-единственной тележки типа 18–100, то теперь аналогичные требования к новым моделям тележек обязали предоставлять их разработчиков. Однако ни по одной из новых тележек нет достаточной информации для указания опасных или недопустимых внутренних дефектов.

Значительно ускорить разработку критериев браковки литых деталей тележек, создание каталога внутренних дефектов позволит, на наш взгляд, применение радиационного метода контроля.

Известен случай, когда при ресурсных испытаниях в инновационных тележках «неожиданные» опасные внутренние дефекты присутствовали в большей части испытанных боковых рам, такие недостатки стопроцентно были бы выявлены радиационным методом контроля (рис. 6).



Рис. 6. Внутренние дефекты в изломах боковых рам из одной изготовленной партии.

Проведенные исследования радиационных методов и средств, в том числе непосредственно на боковых рамах и надрессорных балках, показали, что на рынке уже сейчас имеется стационарное и мобильное оборудование, пригодное для контроля литых деталей тележек, которое позволяет использовать его для выявления большинства внутренних литейных дефектов и сделать более достоверным процесс диагностирования.

Радиационный контроль применяется в авиационной, космической отраслях, автомобилестроении, судостроении, при контроле узлов и деталей вагонов, например, котлов цистерн, запасных резервуаров. Но для контроля таких ответственных деталей, как боковая рама и надрессорная балка, не был пока опробован.

Организация хотя бы одного пункта контроля на всю сеть дорог с использованием радиационного метода дала бы возможность на начальном этапе проводить периодический контроль литья, качественную и обоснованную проверку «сомнительных» боковых рам, изъятых из эксплуатации, экспертную оценку партий забракованного литья, отладку технологии литья выпускаемых и инновационных моделей тележек. Также можно будет проконтролировать литье разных сроков эксплуатации и систематизировать имеющиеся дефекты.

При этом дефекты, выявляемые в боковых рамах, отработавших большую часть нормативного срока, могут быть приняты в качестве допустимых.

Характер излома боковых рам в эксплуатации значительно отличается от излома новых боковых рам различных заводоизготовителей при ресурсных испытаниях. Начиная с 2001 года преобладающей дефектной зоной при эксплуатации является внутренний угол буксового проема, а при ресурсных испытаниях – рессорный проем боковой рамы. Отсутствие излома боковых рам в эксплуатации в этой зоне говорит о несовершенстве методики их расчета при изготовлении и несоответствии нагрузок, прикладываемых к боковой раме при ресурсных испытаниях. К тому же только ресурсных испытаний недостаточно для определения прочностных характеристик литых элементов рам или подтверждения достоверности критериев браковки испытываемых деталей по внутренним дефектам.

Следует также отметить, что с помощью одних лишь расчетов критерии браковки выработать тоже нельзя. Потому что на практике определить, с каким дефектом (по величине, виду) в контролируемой детали мы имеем дело, на сегодняшний день невозможно. Сам расчет опасного по



величине дефекта — опасный или нет — не представляет сложности. Но каждый «почтенный» дефект следует подтвердить экспериментально на соответствующем количестве деталей. Для обоснованного отнесения любого из них к допустимому или недопустимому необходимо проведение большого количества исследований с обязательным подкреплением в виде поездных и ресурсных испытаний [11].

Решение проблемы с изломами деталей тележек возможно и без предлагаемых мер, но в этом случае в определенной степени она будет решаться вслепую. В немалой степени — из-за отсутствия обоснованных критериев браковки литых деталей. Не зная, какие внутренние дефекты имеются в контролируемых рамах, нельзя решать судьбу отдельной детали. В такой ситуации существует большая вероятность того, что изломы могут продолжаться и дальше, приводя к нарушению безопасности движения.

ВЫВОДЫ

Для комплексного решения вопросов диагностирования, повышения качества литых деталей тележек и безопасности их эксплуатации, если обобщать сказанное, требуется:

1. Провести факторный анализ причин, влияющих на излом боковых рам тележек.
2. Обосновать критерии браковки средствами неразрушающего контроля литых деталей тележек грузовых вагонов с учетом свойственных им внутренних дефектов.
3. Создать на сети дорог или на базе одного из предприятий экспериментально-диагностический центр, оснащенный испытательным и диагностическим оборудованием, в том числе для радиационного контроля, полного комплексного НК и разработки новых технологий литья.
4. Повысить качество диагностирования литых деталей тележек на предприятиях-изготовителях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рамы грузовых тележек продолжают ломаться. Коммерсант.ru. 03.03.2014. [Электронный ре-

сурс] / URL: <http://www.kommersant.ru/doc/2421946>. Доступ 13.04.2015.

2. Количество изломов боковых рам тележек грузовых вагонов в РФ за 9 месяцев сократилось в 3 раза. РЖД-Партнер.ру. 21.10.2014. [Электронный ресурс] <http://www.rzd-partner.ru/news/podvizhnoi-sostav/kolichestvo-izlomov-bokovykh-ram-telezhek-gruzovykh-vagonov-v-rf-za-9-mesiatsev-sokratilos-v-3-raza/>. Доступ 13.04.2015.

3. Презентация НП ОПЖТ «Анализ изломов боковых рам», 2013 г., Москва. [Электронный ресурс] / URL: http://www.old.opzt.ru/_files/2546.pptx. Доступ 13.04.2015.

4. Некачественное литье американского производства спровоцировало аварию грузового поезда. «Expert Online» 13 мар 2014. [Электронный ресурс] / <http://expert.ru/2014/03/13/nekachestvennoe-lite-amerikanskogo-proizvodstva-sprovotsirovalo-avariyu-gruzovogo-poezda/>. Доступ 13.04.2015.

5. Вагоны и вагонное хозяйство // Американская железнодорожная энциклопедия: Пер. с англ. — М.: ВИПОМПС, 1961. — С. 117.

6. Car Builders' cyclopedia of American Practice. 13th. Ed. 1931. С. 351.

7. Изломы боковых рам тележек грузовых вагонов (на 15.03.11 г.). [Электронный ресурс] http://i.arm-com.ru/uf0/f36bce031d47c89e0195a20717caf3/-/%D0%A4%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%90%D0%BB%D1%8C%D0%B1%D0%BE%D0%BC%D0%20%D0%B8%D0%B7%D0%BB%D0%BE%D0%BC%D1%8B%20%D0%91%D0%A0_%202010%20-2011.pdf. Доступ 13.04.2015.

8. Изломы боковых рам, проведенная профилактическая работа с учетом ввода в действие руководящего документа «Критерии браковки литых деталей тележек...» Доклад начальника Управления вагонного хозяйства Центральной дирекции инфраструктуры — филиала ОАО «РЖД» Сакеева А. И. 18 июля 2014 г., Москва. [Электронный ресурс] / URL: http://www.old.opzt.ru/_files/3476.pptx. Доступ 13.04.2015.

9. Общие требования «Неразрушающий контроль при изготовлении литых деталей грузовых вагонов», ЦТА ОАО «РЖД», утверждены 03.11.2010 г. — М., 2010. 34 с.

10. Сухих И.В. Презентация «Анализ основных требований ГОСТ 32400 «Детали литые тележек двухосных трехэлементных грузовых вагонов колеи 1520 мм. Рама боковая и балка наддрессорная. Технические условия» // Материалы докладов конференции «Подвижной состав XXI века: Инновации в грузовом вагоностроении. [Электронный ресурс]. http://www.nvc-vagon.ru/press_centre/news/?id=71, link to downloading at <https://yadi.sk/d/AuQAwwF0V6HVh>. Доступ 13.04.2015.

11. Маловичко В. В. Некоторые аспекты повышения надежности тележек грузовых вагонов // Труды XIV научно-практ. конференции «Безопасность движения поездов». — М., 2013. — С. VII-75.

12. Маловичко В. В. Повышение эффективности неразрушающего контроля тележек грузовых вагонов // Труды VII межд. научно-техн. конференции «Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты». — СПб., 2011. — С. 15–17. ●

Координаты автора: **Маловичко В. В.** — malovichko@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 13.01.2015, актуализирована 13.04.2015, принята к публикации 17.06.2015.

REJECTION CRITERIA OF CAST PARTS

Malovichko, Vladimir V., Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

ABSTRACT

The author examines the causes and patterns of situation with the growing number of fractures of bogie's side frame. The author proposes measures to improve reliability of cast parts in order to prevent possible defects and improve traffic safety. The ar-

ticle concerns factor analysis of reasons influencing fractures of bogie's side frames, development of rejection criteria by means of non-destructive testing of cast parts to detect internal defects in them, as well as use of radiation monitoring method in the course of diagnosing.

Keywords: railway, traffic safety, freight cars, cast parts of bogies, fractures, rejection criteria, non-destructive testing.

Background. Fracture of bogie's side frame is the most common cause of car derailment nowadays [1]. Although there is a positive fact: the number of fractures decreased significantly last year as compared with the year 2013 [2].

According to one of versions, put forward by the experts, the most dangerous for recurrence is winter, that is, when negative temperatures dominate and cold season comes [3]. However, out of 16 fractures in the first nine months of 2014 [2], most of them occurred in warmer months. One of the side frames broke in the central region – Moscow region.

Among the cases of 2014 year one deserves special attention. It is an accident with a freight train at the station Filippovka of Kuibyshev Railway on March, 9 which was caused by fracture of bogie's side frame due to poor casting. This conclusion was made by the commission specifically set up to investigate the accident. Derailed gondola car was produced by the Ukrainian company «Transmash» (Krivoy Rog), but defective castings, produced in 2012, were received by the company from its partner, the US company Amsted Rail Company Inc. And the case of fracture of bogie, analogue to 18–100 of American production in the former Soviet Union is not the only one, but the third. Earlier in the Ukraine side frame fracture under one of cars took place because of poor quality of casting, in another bogie a crack was detected [4].

Answering the question why American bogies can be safely operated up to 50 years, we can hear the argument that in the United States in the forties of the last century, 16-meter frames of platforms were casted in full, including with two-meter front walls, headers, and this is the best proof of the high class of casting [5, 6]. But in this case we are not talking about possibilities, but about facts. In the broken bogie produced by Amsted Rail, as well as in other bogies 18–100 and its analogues manufactured in Russia, in the zones of fracture there are surface and internal defects.

For export products high requirements are always set.

As can be seen from Pic. 2, 3, defects in side frames of American production are similar to the

defects in fractures of bogies of domestic production. And this occurs, in spite of extensive experience in manufacturing and quality control of bogies by US companies.

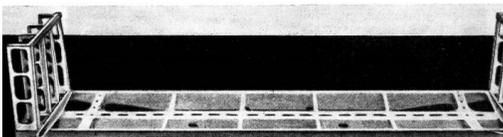
Therefore, the case occurred is indicative and once again confirms the view of the department of Cars and cars economy of MIIT that any bogie (cast parts), which begins to be produced by any enterprise for the first time, in terms of diagnosis is subject to mandatory control.

Any new design of cast parts of bogies, as well as any cast parts is a new model-rod rigging, construction of which has a direct impact on the processes of casting, metal structure formation and appearance of possible casting defects, which may also be new for a new product.

As possible causes of mass fractures of side frames the most different causes are specified, each case is investigated. At the same time chemical composition, physical and mechanical properties of material are determined, operating conditions in which fractures occurred are analyzed.

However, until now there is no systematization of data on cases of fractures, the conditions in which they occur are not studied meticulously enough. It is necessary to conduct a comprehensive factor analysis, taking into account: track state, a type of sleepers, a degree of car loading, a sort of cargo, a car type, availability and types of defects, model of bogie (side frame), faults and state of bogies and cars at the time of fracture, recent repairs, traffic conditions (speed in traction, coasting or braking, ascent (slope, straight line or curve), climate conditions, time of year), and other possible factors.

Factor analysis may not give «revolutionary» conclusions (results depend largely on completeness and accuracy of data provided), but it allows in combination with previously identified causes of fractures to find influence degree of each factor and determine which ones have the most significant, and even major impact on appearance of defects in cast parts of bogies. The analysis may be useful to clarify train driving and braking modes, creation of calculation and test methods of bogies, improving their design and diagnostics system.



Pic. 1. Solid-cast frames made in the USA.



Pic. 2. Cross-section of fracture of bogie's side frame produced by Amsted Rail Company Inc [4].



Objective. The objective of the author is to consider situation with cast parts of bogie's side frame, namely fractures and rejection criteria.

Methods. The author uses general scientific and engineering methods, factor and comparative analysis, evaluation approach, modeling.

Results. Non-destructive testing plays an important role in improving quality of cast parts of bogies and safety. However its condition is hardly satisfactory now.

Traffic safety analysis for the years 2001–2014 demonstrated that mass fractures of side frames began in 2007 [8]. This coincides with introduction of a ban to correct through welding casting defects in the area of angles of pedestal opening at manufacturing site (notice of change № 32CV 7 2007 of 12.04.2007 to TT CV-32–695–2006 «Cast parts of low-alloy steel for cars of 1520 mm railway. Side frame and bolster. Specifications»).

As a result, foundries began to change side frames' production technology, trying to eliminate defects in critical zones. This led likely to emergence of new defects, and it is likely that not all of them are still evident and studied.

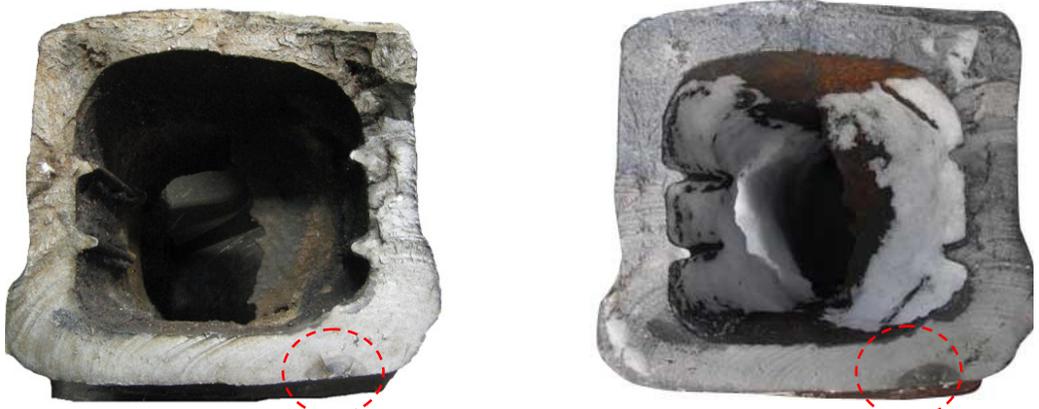
Specialists of JSC Russian Railways in the field of cars' repairing have repeatedly stressed that in all cross-sections of fractures of side frames there are internal casting defects. The study of means and methods of nondestructive testing (hereinafter – NT), used during manufacture of cast parts of cars at plants, during repair at enterprises of JSC «Russian Railways», at private car-repair enterprises, passenger car depots and operation

confirms that to date there are no reliable means of full control of cast parts, in the first place – for detecting internal defects.

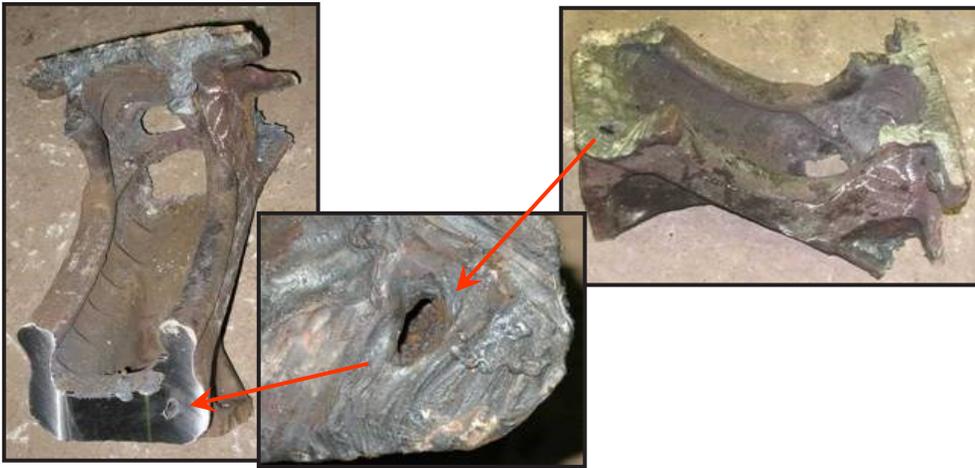
Internal defects in side frames cannot be detected during their production at manufacturing plants, except for indirect control during ultrasonic thickness measurement of frame walls. But in this case only certain points are controlled, and this method is not designed to find internal defects.

To detect developing internal defects at car-repair enterprises acoustic emission control method was used, especially when extending service life of bogies (currently extension is suspended). On the Russian railway network there are about 110 sets of equipment for inspection of cast parts of bogies under repair. However, this method and equipment can be used only to control side frames, which are already in operation. During manufacture of parts and frames with little service life it is not applicable. Flux-gate control method that allowed to detect subsurface defects today is also rejected.

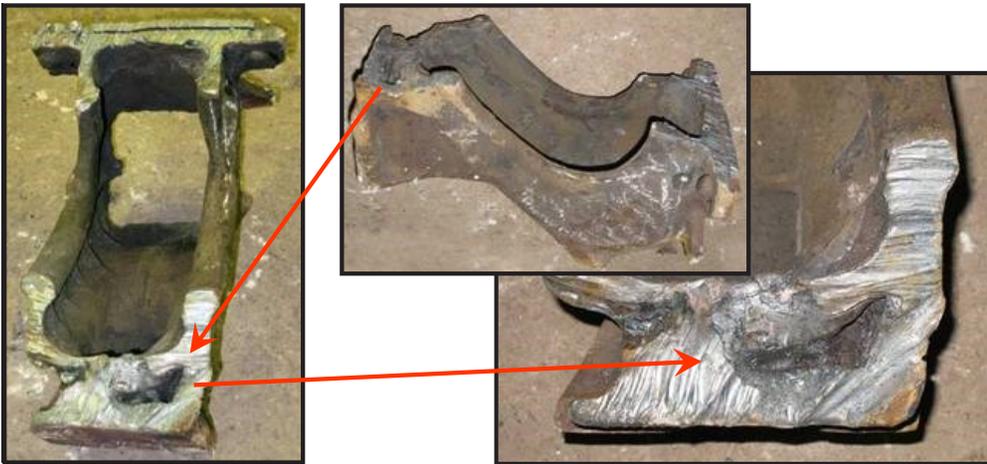
A paradoxical situation takes place. One of the reasons of fractures of parts of bogies in operation is presence of casting defects, including internal, which have not been identified at the plant. And there are no means to detect these defects during manufacturing, as well as in operation. Moreover, since 2015 the number of non-destructive testing methods of side frames in the repair is reduced from three to one in connection with introduction of new regulatory documents – a set of rules for non-destructive testing PR NK B2 – PR NK B5. And



Pic. 3. Cross-sections of fracture of bogie's side frame produced by domestic plants [7].



Pic. 4. Side frame with a lifetime of 8 years with a shell of 5 cm³ at the zone R55. Withdrawn from use for research of new NT methods.



Pic. 5. Side frame with a lifetime of 22 years with a shell of 50 cm³ at the zone R55.

there is only magnetic particle inspection method, intended to detect only surface defects. Flux-gate control method, ultrasonic thickness measurement of side frames are not provided for in the new rules.

It should be said: neither in Russia, nor abroad during production of cast parts of bogies means of non-destructive testing are not applicable to detect internal defects. Except for the Chinese foundry in Ruzhou, where radiation monitoring method of side frames is used.

In 2010, entered in force general NT requirements during manufacture of cast parts of freight car bogies developed by JSC Russian Railways [9]. The requirements are designed to ensure reliability and validity of NT methods, used by manufacturers and evaluation of stability of production technology based on the results of production control. In accordance with this document, the choice of NT means and their verification must be performed by the manufacturer of cast parts of freight cars. In the intervening period, however, during manufacturing any new sophisticated methods of NT of parts of bogies did not appear, especially – for detecting internal defects.

Meanwhile, as shown by the study, as well as at some international exhibitions on the diagnosis and non-destructive testing, there are effective means of non-destructive testing in the market, which can be used to improve quality of production of cast parts of bogies, including – for radiation monitoring, which will be considered below.

New, more effective methods of control should be properly studied and verified. Unfortunately, there are precedents of unsuccessful attempts to promote new methods and means of nondestructive testing of cast parts of bogies. Despite their usefulness in diagnosing parts of bogies, due to insufficient justification, they are not considered as effective for our purposes.

It should be borne in mind that the use of any of NT method enabling to detect internal defects (radiation, acoustic, or combined), can now lead to the fact that during the control 100 percent defect will be recorded. Thus, according to regulations at present time pores exceeding 1,5 mm are rejected. And with larger defects of frame – up to 50 (!) cm³, as shown by studies, parts serve for decades – Pic. 4–5.





Pic. 6. Internal defects in fractures of side frames of the same series.

Any new NT methods are able to give the desired effect only if there is reasonable rejection criteria for revealing internal defects, but those criteria, unfortunately, do not exist yet. There is no catalog of casting defects of bogie's parts.

Development of the technical requirements of CV-32-695-2006 and OST 32.183-2001 «Four-wheel bogies of freight cars of 1520 mm. Cast parts. Side frame and bolster. Specifications» has not given the desired results in recent years. Also such documents as being developed GOST «Non-destructive testing of cast parts of freight car bogies. General requirements for methods of control», «Criteria for rejection of cast parts of freight car bogies 18-100 and their analogs in operation», approved in August 2013, do not contain required criteria for rejection of internal defects. On July 1, 2014 GOST 32400-2013 «Side frame and cast bolster of bogies of railway freight cars. Specifications» was enacted. Thus OST 32.183-2001 and TT CV-32-695-2006 are not canceled. According to some experts, the combination of set forth in GOST 32400-2013 rejection criteria and surface treatment of defective areas allow for dangerous internal defects [10].

The task of developing criteria for rejection of cast parts of bogies for internal defects differs by considerable amount of research that require experimental verification.

If earlier rejection criteria and methods of control have been specified in regulatory documents (TT CV-32-695-2006, OST 32.183) and they actually concern a single bogie type 18-100, now similar requirements for new models of bogies, require from their developers to provide them. However, no new bogies are followed by appropriate technical information either specifications indicating dangerous or harmful internal defects.

The use of radiation control method will allow, in our opinion, to significantly accelerate the development of criteria for rejection of cast parts of

bogies, creation of a catalog of internal defects

In one case, during life tests of innovative bogies «unexpected» dangerous internal defects were detected in most of the tested side frames, but in case of implementation of radiation control method they would have been revealed before (Pic. 6).

Conducted studies of radiation methods and means, including studies conducted directly on side frames and bolsters, showed that on the market there is now stationary and mobile equipment suitable for monitoring of cast parts of bogies which can be used for detection of most internal casting defects and make troubleshooting process more reliable.

Radiation monitoring is used in aerospace industry, automotive sector, shipbuilding, for the control of units and components of cars, for example, tank shells, spare tanks. But to control such important parts as side frame and bolster, it has not been tested yet.

Organization of at least one point of control using radiation method on the entire railway network would make it possible initially to carry out periodic monitoring of casting, quality and reasonable test of «shady» side frames withdrawn from operation, expert assessment of the set of defective casting, debugging of casting technology of produced and innovative models of bogies. Also, it will also be possible to control the casting of various terms of operation and systematize existing defects. At the same time defects detected in side frames, operated most of the regulatory period, may be taken as valid.

The nature of fracture of side frames in use differs significantly from fractures of new side frames of various manufacturers exposed to the endurance test. Since 2001, the dominant defective area in operation is inner angle of pedestal opening, and in endurance test – spring opening of the side frame. The absence of fractures of side frames in operation in this area indicates imperfec-

tion of methods of their calculation in manufacture and non-compliance of loads applied to side frames during the endurance test. In addition, only endurance tests are enough to determine strength characteristics of cast elements of frames, or to validate rejection criteria of tested parts because of internal defects.

It should also be noted that with the help of mere calculation, rejection criteria cannot be developed. Because in practice, it is impossible today to determine what the defect (in size, form) in the controlled part, we are dealing with. The very calculation of dangerous defect – dangerous or not – is not difficult. But every «counted» defect should be confirmed experimentally at the example of an appropriate amount of parts. For a reasonable classification of any of them as admissible or inadmissible it is necessary to conduct a large number of studies with mandatory reinforcement in the form of train and endurance tests [11].

Solution of the problems with fractures of bogies' parts is possible without the measures proposed, but in this case to a certain extent, it will be decided blindly, to a large extent due to a lack of sound criteria for rejection of cast parts. Not knowing what internal defects are in controlled frames, it is impossible to decide the fate of an individual part. In this situation, there is a high likelihood that fractures can proceed further, resulting in impaired safety.

Conclusions. To deal with issues of diagnosis, to improve the quality of cast parts of bogies and their safe operation, if we summarize the above mentioned, it is required:

1. To perform a factor analysis of reasons influencing the fracture of side frames of bogies.

2. To justify rejection criteria by means of non-destructive testing of cast parts of bogies of freight cars, taking into account their inherent internal defects.

3. To create on the railway network, or on the basis of a company an experimental diagnostic center equipped with testing and diagnostic equipment, including devices for radiation monitoring, for full comprehensive NT and development of new casting technologies.

4. To improve the quality of diagnosis of cast parts of bogies at manufacturing plants.

REFERENCES

1. Frames of freight bogies continue to break [Ramy gruzovykh telezhek prodolzhat lomats'ya]. *Kommersant.ru*. 03.03.2014. [Electronic source] <http://www.kommersant.ru/doc/2421946>. Last accessed 13.04.2015.

2. The number of fractures of side frame of freight cars' bogies in Russia decreased by 3 times for 9 months. [Kolichestvo izlomov bokovykh ram telezhek gruzovykh vagonov v RF za 9 mesjacev sokratilos' v 3 raza]. *RZD-Partner.ru*. 21.10.2014. [Electronic source] <http://www.rzd-partner.ru/news/podvizhnoi-sostav/kolichestvo-izlomov-bokovykh-ram-telezhek-gruzovykh-vagonov-v-rf-za-9-mesiatsev-sokratilos-v-3-raza/>. Last accessed 13.04.2015.

3. Presentation of NP OPZT «Analysis of side frame fractures» [Prezentacija NP OPZT «Analiz izlomov bokovykh ram»], 2013, Moscow. [Electronic source] http://www.old.opzt.ru/_files/2546.pptx. Last accessed 13.04.2015.

4. Poor-quality American-made casting caused a freight train crash [Nekachestvennoe lit'e amerikanskogo proizvodstva sprovocirovalo avariju gruzovogo poezda]. *Expert Online*. 13 March 2014. [Electronic source] <http://expert.ru/2014/03/13/nekachestvennoe-lite-amerikanskogo-proizvodstva-sprovocirovalo-avariyu-gruzovogo-poezda/>. Last accessed 13.04.2015.

5. Cars and cars economy [Vagony i vagonnoe hozjajstvo]. In: American railway encyclopedia. Moscow, VIPOMPS, 1961, 117 p.

6. Car Builders' encyclopedia of American Practice. 13th ed. 1931, 351 p.

7. Fractures of side frames of freight car bogies (on 15.03.11) [Izlomny bokovykh ram telezhek gruzovykh vagonov (na 15.03.11)]. [Electronic source] http://i.apmcom.ru/u/f0/f36bce031d47c89e0195a20717caf3/-/D0%A4%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%90%D0%BB%D1%8C%D0%B1%D0%BE%D0%BC%20%D0%B8%D0%B7%D0%BB%D0%BE%D0%BC%D1%8B%20%D0%91%D0%A0_%202010%20-2011.pdf. Last accessed 13.04.2015.

8. Fractures of side frames, preventive work, taking into account the commissioning of the guidance document «Criteria for rejection of cast parts of bogies ...» [Izlomny bokovykh ram, provedennaja profilakticheskaja rabota s uchetom vvoda v dejstvie rukovodjashhego dokumenta «Kriterii brakovki lityh detalej telezhek...»]. Report of Head of cars economy department of the Central Directorate of infrastructure – a branch of JSC «Russian Railways» Sakeev A. I. July 18, 2014, Moscow. [Electronic source] http://www.old.opzt.ru/_files/3476.pptx. Last accessed 13.04.2015.

9. General requirements «Non-destructive testing in manufacture of cast parts of freight cars» [Obshhie trebovanija «Nerazrushajushhij kontrol' pri izgotovlenii lityh detalej gruzovykh vagonov»] CTA JSC «Russian Railways», approved 03.11.2010, Moscow, 34 p.

10. Sukhih, I. V. Presentation «Analysis of main requirements of GOST 32400 «Cast parts of four-wheel three-element bogies of freight cars of 1520 mm. Side frame and bolster. Specifications [Prezentacija «Analiz osnovnykh trebovanij GOST 32400 «Detali litye telezhek dvuhosnykh trehjelementnykh gruzovykh vagonov kolei 1520 mm. Rama bokovaja i balka nadressornaja. Tehnicheskie uslovija»]. Papers of the reports at the conference «Rolling stock of the 21st century: Innovation in freight car construction. [Electronic source]. <http://www.nvc-vagon.ru/press-centre/news/?id=71>, link to downloading at <https://yadi.sk/d/AuQAwFOiV6HVh>. Last accessed 13.04.2015.

11. Malovichko, V. V. Some aspects of improving reliability of freight car bogies [Nekotorye aspekty povyshenija nadezhnosti telezhek gruzovykh vagonov]. *Proceedings of XIV Scientific and Practical Conference «Traffic safety»*. Moscow, 2013, pp. VII-75.

12. Malovichko, V. V. Improving efficiency of non-destructive testing of freight car bogies [Povyshenie effektivnosti nerazrushajushhego kontrolya telezhek gruzovykh vagonov]. *Proceedings of VII International Scientific and Technical Conference «The rolling stock of XXI century: ideas, requirements and projects»*. St. Petersburg, 2011, pp. 15–17. ●

Information about the author:

Malovichko, Vladimir V. – Ph.D. (Eng.), associate professor at the department of Cars and cars facilities of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, malovichko@yandex.ru

Article received 13.01.2015, revised 13.04.2015, accepted 17.06.2015.

