

Инженерный анализ причин изломов боковой рамы вагонной тележки



Дмитрий ШИХАНОВ
Dmitry V. SHIKHANOV

Виталий ВРОНЕЦ
Vitaly V. VRONETS



*Шиханов Дмитрий Викторович – соискатель кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.
Вронец Виталий Валерьевич – аспирант кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» МИИТ, Москва, Россия.*

Engineering Analysis of the Causes of Fractures of Bogie's Side Frame

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 54)

Выбор столь предметной, не абстрактной области для инженерного анализа – подтверждение реальных возможностей современной научно-технической диагностики. Авторы синтезируют причинные связи конструкционных и технологических дефектов, которые относятся к производству и эксплуатации боковой рамы вагонной тележки. Результаты анализа и моделирования в среде ProCAST дают право оценивать проблемные зоны и предлагать компенсирующие решения.

Ключевые слова: железная дорога, вагон, тележка, боковая рама, технические параметры, изломы, дефекты, инженерный анализ, моделирование, решение проблем.

По статистическим данным в последние десять лет наблюдается уверенный рост изломов боковых рам тележек вагонов: если в 2004 и 2005 годах такого рода событий не было, то с 2006 по 2009 год зафиксировано 37 случаев, а с 2010 по 2013 год – еще 92 случая (рис. 1).

Для получения качественной отливки боковой рамы тележки следует в процессе ее производства обеспечить соблюдение целого ряда требований к технологическим параметрам. Прежде всего это касается получения заданного химического состава и температуры разливаемого металла, необходимой податливости литейных форм, прочности формовочного материала и его газопроницаемости, времени разлива и выдержки кристаллизующейся отливки, организации рационального теплоотвода и др. Каждый из этих параметров ограничивается достаточно узким диапазоном допустимых значений, выход за пределы которого приводит к появлению различных дефектов и снижению качества литья. Литейные дефекты в отливке в основном появляются из-за неудовлетворительного отвода образующихся газов, неравномер-

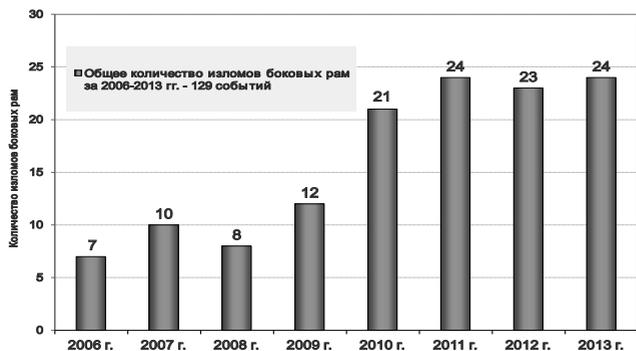


Рис. 1. Количество изломов боковых рам тележек в 2006–2013 годы.

ности остывания и кристаллизации металла, недостаточной прочности формовочного материала и неадаптивности литейной формы. Засоры от размывания формы, газовые поры, кристаллизационные трещины – типичные дефекты, присущие сталюму литью. Невыявленные при заводском контроле, они становятся главной причиной выхода из строя боковых рам в процессе эксплуатации.

С помощью САПР ProCAST проведём анализ моделирования термических напряжений и пластических деформаций. Сами по себе эти напряжения далеко не всегда грозят опасностью разрушения, но контакт с формой, затрудняющий линейную усадку, может стать причиной возникновения трещины. В расчете форму задали как абсолютно жесткое тело для моделирования максимально строгих

условий при деформации отливки. Анализ результатов расчета показывает, что на момент выбивки общий уровень напряжений в критических зонах гораздо ниже предела прочности (рис. 2). В процессе остывания зона R55 буксового проема деформируется в пластической области, но уровень остаточных пластических деформаций составляет не более 2%. Поскольку расчет напряжений выполнялся без учета образующихся в отливке усадочных дефектов, по его результатам можно сделать вывод: трещины в боковой раме – последствия не столько накопления остаточных напряжений, сколько ослабления конструкции за счет внутренних литейных дефектов.

Внутренние литейные дефекты выявляются при моделировании заливки и кристаллизации блока по серийному техноло-

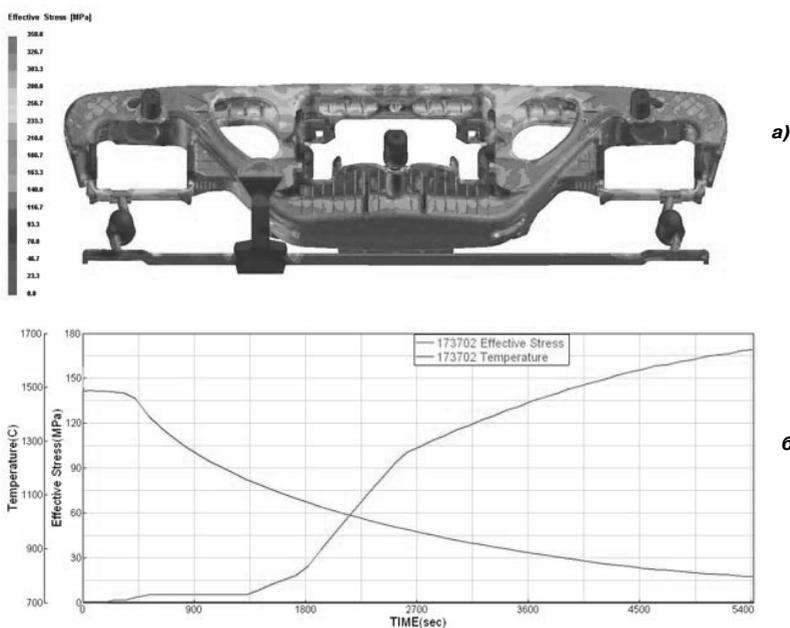


Рис. 2. Напряжения в отливке перед выбивкой формы: а – поле напряжений; б – изменение температуры и напряжений при остывании во внутреннем радиусе (R55) буксового проема.



Рис. 3. Распределение усадочных раковин в отливке (пористость от 20% и выше по шкале ProCAST).

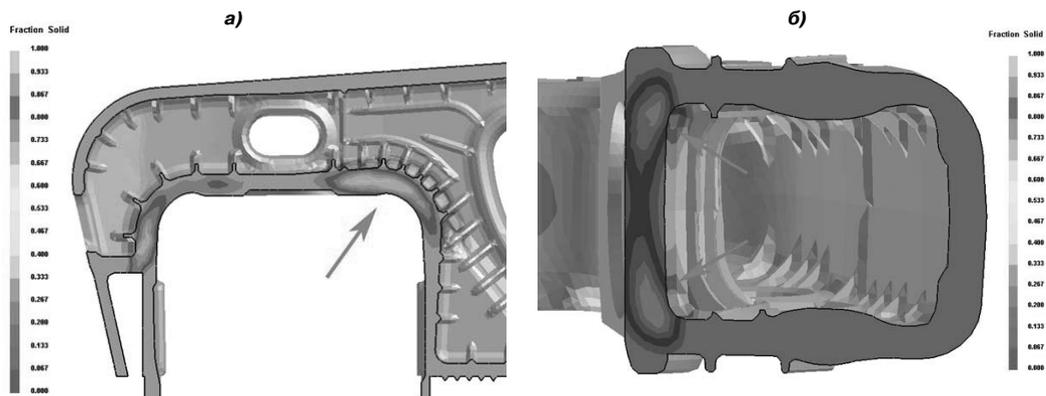
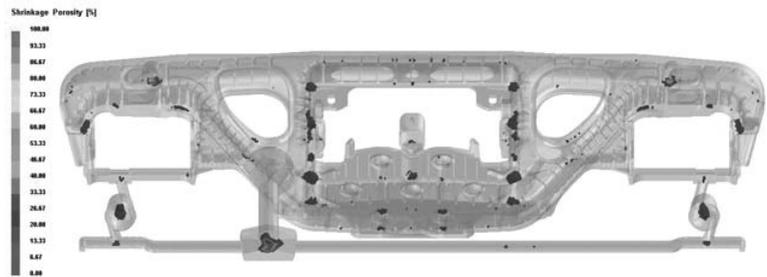


Рис. 4. Геометрия буксового проема в районе внутреннего радиуса R55 с полями доли твердой фазы: а – разрез в горизонтальной плоскости; б – разрез в вертикальной плоскости.

гическому процессу (рис. 3). Рассмотрим причины образования усадочных раковин в критических зонах – R55 и R40. Для этого проанализируем геометрию в районе внутреннего радиуса R55 буксового проема и внутреннего радиуса R40 рессорного проема.

Толщина стенки буксового проема плавно увеличивается в сторону внутреннего угла R55, поэтому именно здесь при затвердевании образуется сначала тепловой узел (рис. 4а), а затем раковина. Поскольку рама имеет конструкцию короба, в районе R55 формируются два таких узла: один сверху, другой снизу (рама заливается в положении «лежа»). Образование двух узлов показано на рис. 4б. Питание верхнего узла не представляет проблемы, над ним или рядом можно поставить прибыль соответствующих размеров (обычную или экзотермическую). Она обеспечит питание этого узла, а заодно и центральной (опорной) части буксового проема.

Похожую ситуацию можно наблюдать и в рессорном проеме. Зоны стыковки технологических ребер в районе R40 рессорного проема также являются местами образования тепловых узлов (рис. 5). Сложная геометрия рессорного проема, внутрен-

нее технологическое ребро и протяженность зоны по высоте делают практически невозможной организацию необходимого питания проблемной стенки без изменения геометрии.

Решение проблемы может быть найдено путем установки питающей прибыли над верхним тепловым узлом. Для этого требуется изменить геометрию угла проема, чтобы обеспечить подачу жидкого расплава в стенку. Как и в случае с буксовым проемом, здесь может понадобиться применение холодильников, поскольку протяженность стенки и ее контакт с холодной формой не могут обеспечить непрерывность питания нижнего теплового узла.

ВЫВОДЫ

Проведенный инженерный анализ геометрии и моделирование в среде ProCAST позволяют заключить:

- термические напряжения и затрудненная усадка – не основная причина возникновения трещин в ответственной зоне радиуса R55;
- причиной изломов рам являются скрытые литейные дефекты – усадочные раковины, служащие концентраторами напряжений и ослабляющие сечение рамы;

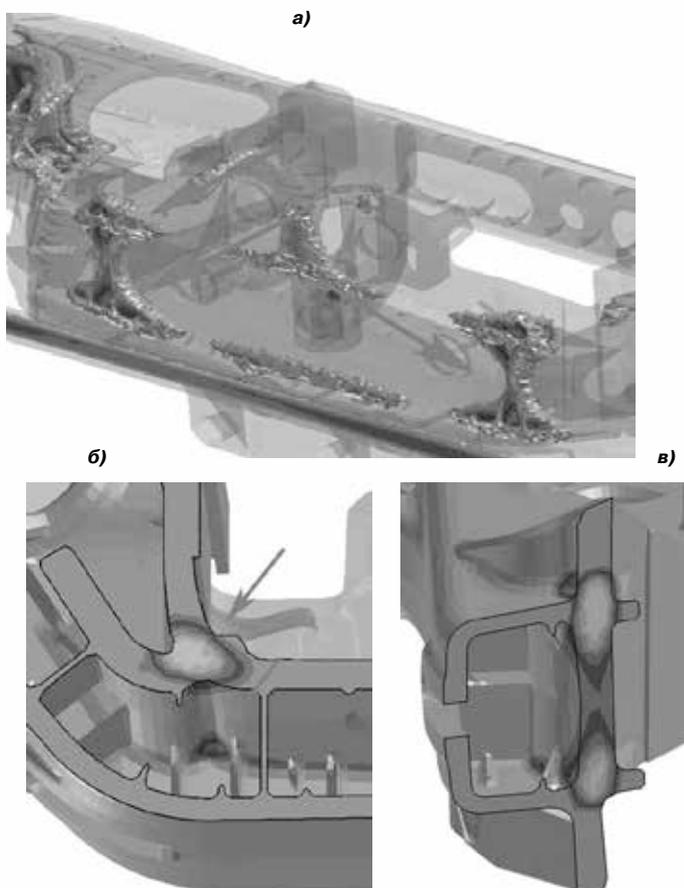


Рис. 5. Геометрия рессорного проема в районе радиуса R40 с полями доли твердой фазы: а – вид тепловых узлов; б – разрез в горизонтальной плоскости; в – разрез по вертикальной оси.

- причина образования раковин – прежде всего неудачное (горизонтальное) с точки зрения питания расположение отливки в форме; вследствие такой ориентации блока возможно эффективное питание только верхней половины рамы;
- питание нижних тепловых узлов неудовлетворительно из-за наличия протяженных стенок равной толщины, по которым осуществляется питание этих узлов;
- решить выявленные проблемы можно как изменением геометрии (например, созданием уклонов в стенках), так и созданием направленного характера затвердевания (снизу вверх) в критических зонах – подбором оптимального размера, положения и типа приливлей на верхней части рамы и установкой холодильников в ее нижней части.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлов В. Н., Краснятов Д. С. Применение компьютерного моделирования стальной отливки «Рама боковая» с целью выявления литейных дефектов // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2008. – № 2 (18). – С. 117–118.
2. Мартыненко С. В., Огородникова О. М., Грузман В. М. Использование компьютерных методов для повышения качества крупногабаритных тонкостенных стальных отливок // Литейное производство. – 2009. – № 11. – С. 21–26.
3. Каторгин С. В., Воронин Ю. Ф. О влиянии технологических параметров на качество отливок «Рама боковая» // Молодой ученый. – 2011. – № 11, Т. 1. – С. 50–52.
4. Информационный портал железнодорожного транспорта. Излом боковой рамы. Электронный ресурс. URL: <http://railway.kanaries.ru/index.php?s=0fc159eba83f8b26dc55122b200692d4&showforum=73>. Доступ 23.10.2014.
5. Институт проблем естественных монополий. Радиус излома на Совете главных конструкторов. Электронный ресурс. URL: <http://www.ipem.ru/news/publications/642.html>. Доступ 23.10.2014.

Координаты авторов: Шиханов Д. В. – shikhanov-d@ya.ru, Вронец В. В. – vitlvr@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 10.10.2014, принята к публикации 05.02.2015.

Статья подготовлена на основе материалов, представленных авторами на Международной научно-практической конференции «Конструкция, динамика и прочность подвижного состава», посвященной 75-летию со дня рождения В. Д. Хусидова (МИИТ, 20–21 марта 2014 года).

