

УДК 629.463

**АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ БОКОВЫХ РАМ
ГРУЗОВЫХ ТЕЛЕЖЕК С ВНУТРЕННИМИ ЛИТЕЙНЫМИ ДЕФЕКТАМИ**

Ж.С.МУСАЕВ, В.Г.СОЛОНЕНКО, Т.М.ДЮСЕНГАЛИЕВА

E.mail. ksucta@elcat.kg

Макалада КМШ мамлекеттериндеги темир жол магистралдарындагы жүк ташуу кыймылынын коопсуздугун жогорулатууда жүк ташуу вагондорунун тележкаларынын каптал рамаларында куюлма кемтиктердин пайда болуусуна алып

келүүчү негизги факторлордун изилдөөсү берилген.

В статье приведено исследование основных факторов, приводящих к образованию литейных дефектов в боковых рамах тележек грузовых вагонов, в свете повышения безопасности грузового движения на железнодорожных магистралях стран СНГ.

This paper contains a study of the main factors leading to the formation of casting defects in the side frames bogies of freight cars in the light of improving the safety of freight traffic on the railway lines of the CIS countries.

Боковая рама тележки грузового вагона является сложной и ответственной литой деталью, от надежной работы которой зависит безопасность движения поездов. Как показывает статистика последних лет, число изломов боковых рам значительно увеличилось. Например, в Казахстане (АО «НК» КТЖ») за последние три года произошло 32 излома боковых рам (см. рис. 1). В России (ОАО «РЖД») с 2006 по 15.03.2011 года зарегистрировано 70 изломов боковых рам. Ежегодно на сети железных дорог Казахстана и России разрушаются от 7 до 20 боковых рам, что часто приводит к сходу или крушению вагонов.

По данным ОАО «ВНИИЖТ», основной причиной изломов является наличие скрытых литейных дефектов во внутренних углах буксовых проемов, которые не учитываются при проектировании боковых рам. Кроме того, анализ статической и усталостной прочности на стадии проектирования выполняется по модели боковой рамы с номинальной массой. Однако стендовые испытания показали недостаточную прочность боковых рам тележки 18-100 с минимальной массой по чертежу и минимальными толщинами стенок.

Учитывая вышеизложенное, в настоящей работе предложено оценивать напряженно-деформированное состояние (НДС) базовой модели боковой рамы с минимально допускаемыми толщинами стенок по чертежу и возможным наличием внутренних дефектов в опасных сечениях. Такой подход подразумевает совместную конструкторскую и технологическую отработку геометрии боковых рам, опробованную в ПГУПС и ЗАО «ЦНИИМ-Инвест» г. Санкт-Петербург /1/ при создании инновационных тележек.

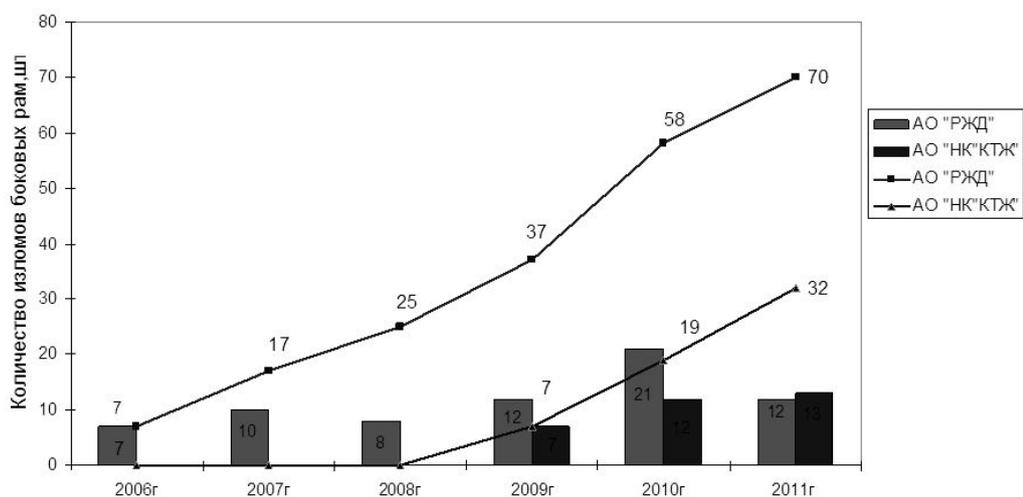


Рис. 1. Распределение изломов боковых рам по годам

Конструктор, после создания геометрии рамы и проверки ее прочности согласно действующим «Нормам...» /2/, передает модель рамы технологам. Литейщики, с помощью программы моделирования литейных процессов MAGMA, добиваются минимизации литейных дефектов /1/ в опасных зонах (наиболее подверженных появлению усталостных трещин в эксплуатации) боковой рамы с учетом конкретной технологии формовки. Как показала практика, не удастся полностью устранить внутренние литейные дефекты ввиду сложности конструкции боковой рамы и особенностей литейных технологий, но ликвидировать горячие и холодные трещины в отливке возможно. Поэтому в предложенном подходе, получив картину распределения внутренних дефектов, конструктор вводит их в модель боковой рамы, оценивает ее прочность и принимает решение о ее соответствии нормативным требованиям или дальнейшей доработке конструкции. Окончанием итераций служит соответствие по прочности базовой модели боковой рамы с внутренними дефектами требованиям /2/. Рассмотрим более подробно предложенный алгоритм оценки прочности боковых рам. Расчет базовой модели боковой рамы тележки 18-100 последней модификации с минимально допускаемыми толщинами стенок по чертежу и минимальной массой показал (см. табл. 1) увеличение максимальных напряжений Мизеса в опасных сечениях в сравнении с «номинальной» рамой. Расчет выполнен согласно требованиям /2/ для сочетаний нагрузок по I и III расчетным режимам. Граничные условия и максимальный размер конечных элементов в обеих моделях идентичны.

За основу для вычисления допускаемых напряжений $[\sigma]$ принят минимальный предел текучести стали 20ГЛ в нормализованном состоянии $\sigma_T = 235$ МПа, из которой изготавливается боковая рама, т.е. с учетом разрешенного /3/ допустимого 20%-ного его снижения в реальной боковой раме. Таким образом, для I расчетного режима $[\sigma] = 0,85 \times \sigma_T = 200$ МПа, для III режима $[\sigma] = 0,476 \times \sigma_T = 112$ МПа.

Как видно из таблицы, запас прочности базовой боковой рамы (с минимальным весом по чертежу) по I режиму сократился, а по III режиму максимальные напряжения Мизеса в углу буксового проема превышают допускаемые, рассчитанные на основе минимального предела текучести. Этот факт подтверждает целесообразность оценки напряженного состояния боковой рамы с минимально допустимыми толщинами стенок по чертежу и, как следствие, минимальной массой.

Таблица 1

Сравнительные результаты расчета прочности базовой модели боковой рамы тележки 18-100 и рамы с номинальной массой и толщинами стенок

Сочетание нагрузок по расчетному режиму	Наименование нагрузок согласно /2/	Максимальные напряжения Мизеса в номинальной/ базовой раме, МПа	Место возникновения максимальных напряжений Мизеса
I-1	Вертикальные нагрузки. Продольные силы инерции. Поперечная составляющая продольной квазистатической силы	175/ 181	Угол рессорного проема
III – 1	Вертикальные нагрузки. Продольные силы инерции. Боковая сила, возникающая вследствие возвышения наружного рельса	95/ 110	Угол рессорного проема
III – 2	Суммарные вертикальные нагрузки. Продольные силы при вписывании в кривую. Боковая нагрузка при вписывании в кривую. Сила распора клиньев.	112/ 120	Внутренний радиус буксового проема
III – 3	Суммарные вертикальные нагрузки. Рамная сила. Сила распора клиньев. Продольные нагрузки при торможении.	110/ 119	Угол рессорного проема

Далее, базовая модель боковой рамы подвергается технологической проработке с помощью программы моделирования литейных процессов MAGMA /1/. В качестве исходных данных используются параметры конкретной технологии формовки боковой рамы, варианты литниковой системы, установки прибылей, питателей, выпоров и др. Конечной целью для технологов служит минимизация литейных дефектов в зонах возникновения усталостных трещин. MAGMA позволяет получать картину распределения плотности металла в модели боковой рамы (см. рис. 2). Величина плотности металла идентифицируется с реальным литейным дефектом, например, в виде газовой поры с нулевой плотностью или рыхлоты со средней плотностью, и т.д.

Пятна с плотностью, отличной от плотности основного металла более чем на 20 % /3/, классифицировались как литейный дефект. Конфигурация такого пятна, позиционирование в базовой модели боковой рамы и средняя его плотность переносятся в твердотельную модель рамы для расчетов. Стоит отметить, что программа MAGMA не позволяет напрямую перенести твердотельную модель рамы с литейными дефектами в расчетный пакет. Поэтому процедура переноса всех литейных дефектов из MAGMA в твердотельную модель рамы весьма трудоемка и вызывает множество ошибок. Наличие функции экспорта твердотельной модели рамы с учетом различной плотности металла из MAGMA в расчетный пакет устранил эту проблему и увеличит вариантность расчетов.

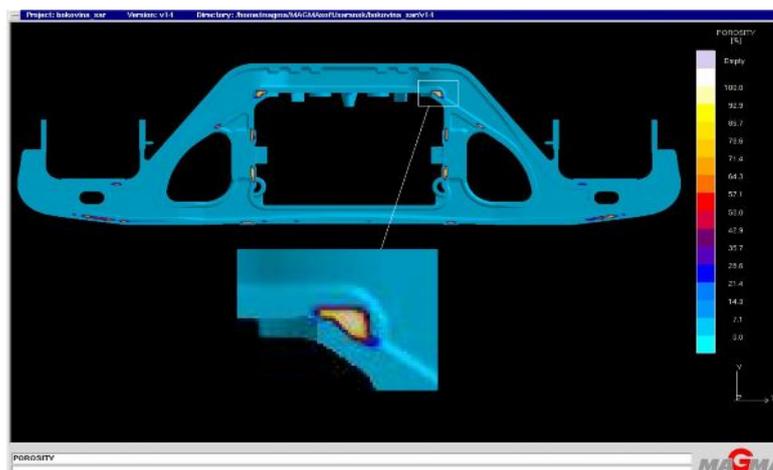


Рис. 2. Распределение плотности металла в продольном сечении боковой рамы, полученное в результате моделирования литейных процессов в программе MAGMA /1/

Результаты расчета напряженного состояния боковой рамы тележки 18-100 с газовой порой площадью $S=12,6 \text{ мм}^2$ и глубиной залегания 3 мм (см. рис. 3) показывают, что качественно вокруг газовой поры такого размера существует концентрация напряжений. Следовательно, пора может послужить причиной появления усталостной трещины в эксплуатации. На основании полученных качественных результатов повышения концентрации напряжений вокруг единичного дефекта можно предположить, что семейство различных литейных дефектов, полученных в MAGMA, приведет к существенному изменению напряженного состояния боковой рамы.

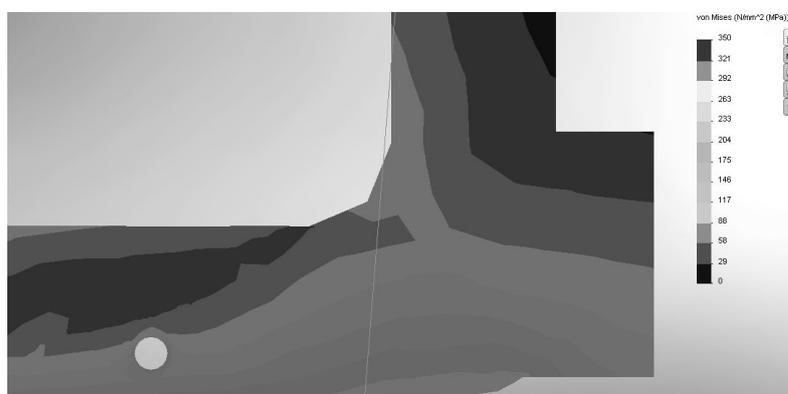


Рис. 3. Напряженное состояние в поперечном сечении внутреннего угла буксового проема боковой рамы с дефектом в виде газовой поры от действия вертикальной нагрузки

Выводы

Производственная практика показывает, что получить боковую раму полностью без внутренних дефектов практически невозможно.

Кроме того, существуют факты изломов боковых рам в эксплуатации по причине наличия внутренних литейных дефектов в опасных зонах. Поэтому предложенный способ оценки прочности позволит на стадии проектирования учесть наиболее существенные факторы, снижающие ресурс боковых рам: минимальные толщины стенок и внутренние литейные дефекты.

Список литературы

1. Глебов С.М., Пречесный М.А., Якушев А.В. Оптимизация технологии изготовления отливок «Балка надрессорная» тележек грузовых вагонов с применением компьютерного моделирования литейных процессов // Транспорт Российской Федерации. – 2011. – №2(33). – С. 63-65.
2. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) / ГУП ГосНИИВ и ГУП ВНИИЖТ. – М., 1996. – 319 с.
3. ОСТ 32.183-2001. Тележки двухосные грузовых вагонов колеи 1520 мм. Детали литые. Рама боковая и балка надрессорная (Приложение) / ГУП ВНИИЖТ и ГУП ГосНИИВ. – М., 2011. – 22 с.