ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ВЫНОСЛИВОСТЬ В ЭКСПЛУАТАЦИИ ДЕТАЛИ «РАМА БОКОВАЯ»

Г. А. Околович, А. В. Габец, Е. О. Чертовских
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г.Барнаул, Россия

Отливка детали «Рама боковая» производится на Рубцовском филиале ОАО «Алтайвагон», которая являются основным элементом тележки грузового вагона. В работе каждая боковая рама воспринимает статические, вертикальные динамические и продольные нагрузки, а также воздействие крутящего момента при движении выгона во время поворота, при этом основная часть динамических нагрузок носит циклический характер. Параметром, определяющим эксплуатационную надежность боковых рам, является усталостная прочность. Проведенные ранее исследования[1] изломов рамы показали, что наиболее опасными зонами являются внешний и внутренний углы буксового проема (зоны R55 рис.1).

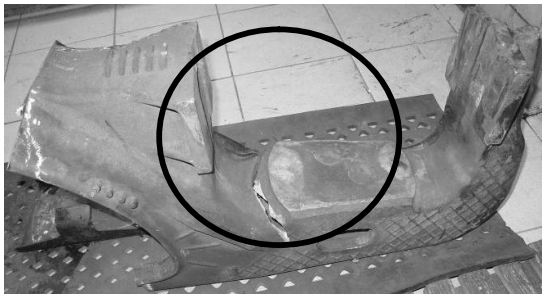


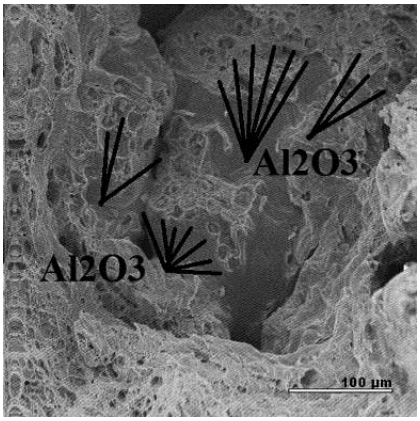
Рисунок1 - Фрагмент детали «Рама боковая» с изломом в районе зоны R55.

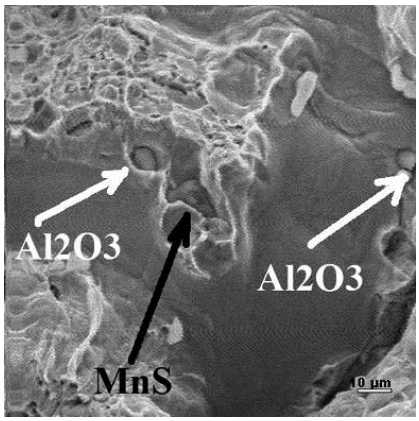
Именно эта зона рам подлежат обязательному неразрушающему контролю при изготовлении и ремонте.

В январе 2011 года вышли из строя 5 деталей «Рама боковая» произведенных на Рубцовском филиале ОАО «Алтайвагон», из них два случая привели к крушению подвижного состава.

В месте излома по R55 (рисунок 1) обнаружены незначительные литейные дефекты на поверхности разрушения детали. Очагами зарождения первичной усталостной трещины послужила пора диаметром 3,5 мм и глубиной 2,3 мм. Причиной зарождения вторичной усталостной трещины послужил микронадрез металла образовавшийся при абразивной зачистке зоны R55 для контроля.

Основными дефекты, выявленные при испытании стандартных образцов на ударную вязкость, изготовленных из сломавшихся рам, являются многочисленные несплошности в междендритных областях, загрязненных окислами железа, сульфидами марганца и окислами алюминия (рисунок 2.).





Анализ микроструктуры показал неравномерность распределения перлита в сечении сломавшейся рамы(рисунок 3 а,б) с 25 до 40% (в направлении от края к середине толщины стенки). Перлитная составляющая сконцентрирована по границам бывших аустенитных зерен, что указывает на неодно-

родность фазовой составляющей. В том числе обнаружена карбидная сетка на зернах (рис.4)

При исследовании структуры стали по сечению излома выявлено присутствие не растворившихся выделений ферросилиция размером от 2 мкм до 1,5мм (рисунок 5 а, б).

По-видимому, избыточное введение в сталь алюминия неизбежно приводит к его связыванию в окислы и выпадению в виде неметаллических включений. Из соотношения алюминия и азота для полного связывания азота в нитриды Al/N = 1,92 (N в стали содержится на уровне 0,002-0,008 %) видно, что в данной стали коэффициент превышает рекомендуемое и составляет 5-10.

Содержание водорода соответствует нормальному, что подтверждается лабораторным анализом на остаточный водород 0,0005% или 5 ppm. Не обнаружено обогащение границ зерен серой, фосфором и другими вредными примесями.

Содержание кислорода соответствует 0,01%, что приводит к формированиям пленки окисла железа на поверхности дендритных пор, и связыванию кислорода с алюминием.

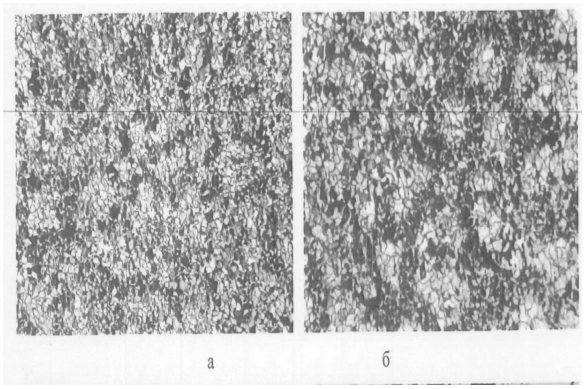


Рисунок 3 – Неравномерное распределение перлита в структуре стали при его среднем содержании 25%: а – Х60, б – Х100

.

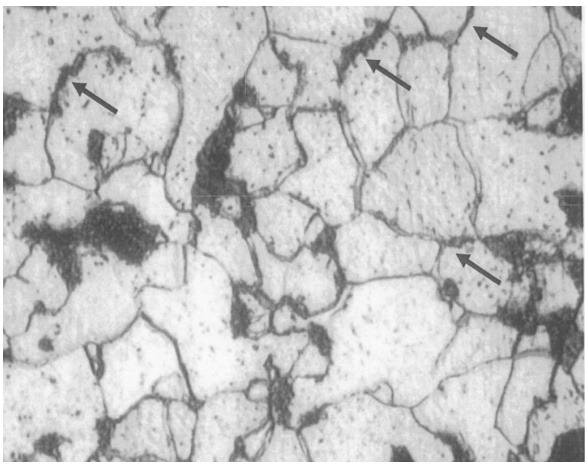
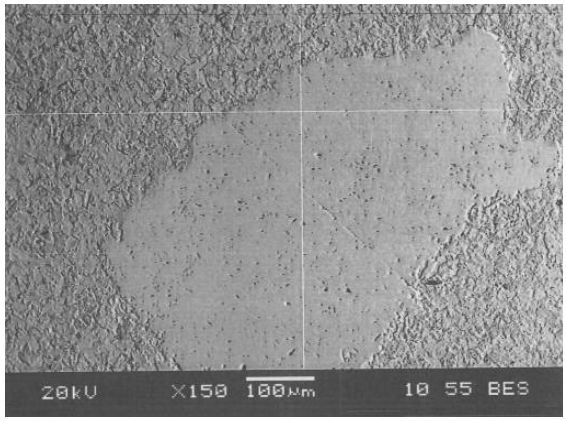
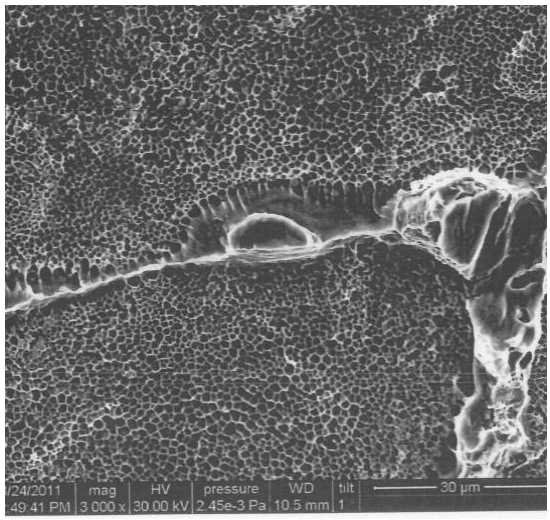


Рисунок 4 – Микроструктура стали дефектной рамы, Х1000



а)



б)

Рисунок 5 – а)- нерастворившаяся частица ферросилициума, б)- хрупкий характер разрушения разрывного образца по областям, обогащенным кремнием.

Масс-спектроскопия вторичных ионов обладает чрезвычайно высокой чувствительностью при определении водорода, азота и кислорода. И наблюдаемые малые интенсивности спектральных линий для этих элементов (по сравнению с линией железа) позволяют утверждать о высокой чистоте стали по содержанию этих примесей и отсутствий каких –либо аномалий по содержанию N, H и O (рисунок 6).

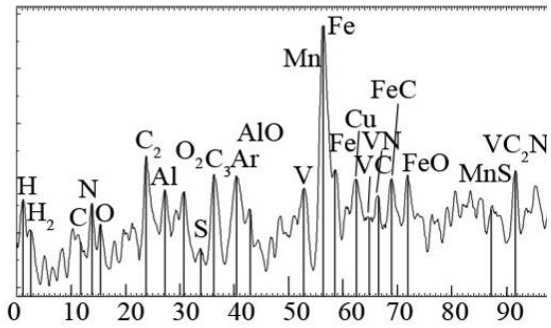


Рисунок 6 – Спектр масс вторичных ионов

По методу спектроскопии Оже-электронов с противоположной стороны от излома, на неразрушившейся зоне R55 выявлено распределение перлита с 5 до 25% (рассмотрено в направлении от края к центру толщины стенки). В ферритных областях присутствуют дисперсные выделения карбидов (карбонитридов) ванадия. Выделившиеся частиц VCN (рисунок 7) обедняют твердый раствор углерода, и способствует увеличению объемной доли феррита при снижении содержания перлита. К тому же на целом образце зоны R55 не обнаружено включений не растворившегося кремния.

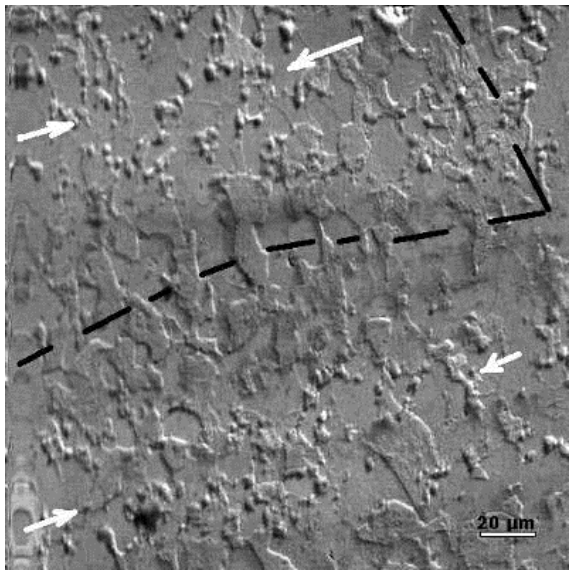


Рисунок 7 – Частицы VCN в ферритных областях (белые стрелки) и перлитная сетка по границам первичных аустенитных. зерен

Вышедшие из строя детали «Рама боковая» соответствуют требованиям по химическому составу и механическим свойствам.

Изучив опыт работы других сталелитейных заводов специализирующихся на выпуске аналогичной продукции, стало известно, что на них опытным путем установлен наилучший химический состав[2], который можно рекомендовать в качестве оптимального для повышения выносливости деталей C=0,18-0,20%, Mn= 1,10-1,35%, Si=0,30-0,50%, Ti=0,006-0,011%. Выбор ужесточающих параметров заводом требуемого химического состава установленного ОСТ 32.183-2001(Табл.1) и ТТ ЦВ 32-695-2006, обусловлен высокими требованиями к детали при эксплуатации.

Таблица №1. Химический состав деталей 20ГЛ (нормированный)

C	Mn	Si	S	P	Ni	Cu
0,17-0,25	01,10-1,40	0,3-0,5	Не более 0,03	Не более 0,04	Не более 0,3	Не более 0,3

На рисунке 8 показан химический состав стали 20ГЛ по углероду на 5 рамах, вышедших из строя.

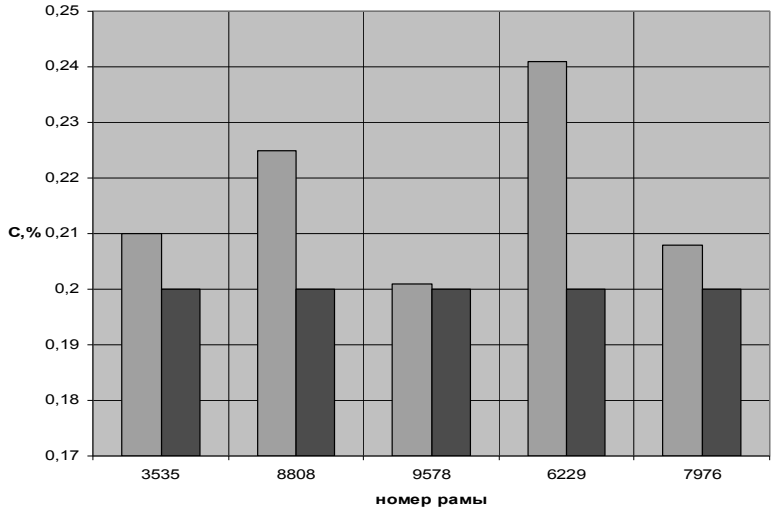


Рисунок 8 – Сравнительная диаграмма содержание углероды в рамах боковых вышедших из строя.

Известно, что **у**величение содержания С в стали приводит к повышению ее прочности и твердости, снижению пластичности и вязкости[2]. Эти факты подтверждают выбранный оптимальный состав другими заводами по содержанию углерода. В том числе сравнительный анализ показал, что все сломанные рамы имеют содержание углерода выше рекомендуемого 0,2%С.

Значения KCV-60 модифицированной стали 20ГЛ всех опытных плавок, выплавленных в дуговой электропечи, составляют от 17,5 Дж/см^2 до 31 Дж/см^2, при этом 50% плавок имеют показания более 20 Дж/см^2. Лучшие показатели имеют плавки с повышенным содержанием Cr (0,2-0,3%) и Ni (0,15%). А наиболее высокие показатели у плавки с содержанием Cr=0,29% и Ni=0,15%. При этом следует учитывать, что титан присутствует в химический составе, и составляет 0,002-0,01%[2].

На сегодняшний день на Рубцовском филиале ОАО «Алтайвагон» модифицирование стали не производится. Введение модификаторов обеспечит запас прочности стали 20ГЛ в условиях существующего производства.

Кроме того, нами проведен анализ температурного режима при нормализации детали «Рама боковая», который показал:

а. Локальный перегрев концевых частей заготовки из-за попадания факела горелок на консольные части

б. Неравномерности нагрева симметричных частей заготовки, который сглаживается к середине печи

в. Замер температуры печи по зонам показал нарушение технологических режимов нагрева.

Выводы:

1. Очагами зарождения усталостной трещины послужили поверхностная пора и микронадрез поверхности металла, образовавшиеся при абразивной зачистке боковой рамы.

2. В структуре излома исследуемой стали установлен факт наличия не растворившегося выделения ферросилиция от 2 мкм до 1,5 мм, что является нарушением режима внепечной обработки стали при раскислении.

3. Неоднородность перлитной составляющей от 25% до 40% (к центру стенки). Такое распределения указывает на не устраненную термообработкой ликвационную неоднородность литых деталей.

4. Применение модифицирования позволит изменить форму неметаллических включений. При термообработке модифицированной стали повышается однородность металла, что приведет к повышению механических характеристик.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конькова Т.Е., Беловодский В.Б., Великанов А.В. Вестник ВНИИЖТ, 1/2009, О путях повышения эксплуатационной надежности стальных литых деталей тележек грузовых вагонов.

2. Мануев М.С. Диссертация Исследование микролегирования, модифицирования и термической обработки на ударную вязкость стали 20ГЛ при низких температурах для отливок железнодорожного транспорта, Брянск, 2006 г.