

РАБОТОСПОСОБНОСТЬ БОКОВЫХ РАМ ТЕЛЕЖЕК ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

В. Я. Огневой

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия

Основными деталями тележек грузовых вагонов, получаемых методами сталеного литья, являются боковая рама и надрессорная балка. Наибольшим нагрузкам в процессе эксплуатации подвергается боковая рама тележки. Боковая рама отливается из стали 20ГЛ и подвергается дополнительной термической

обработке: нормализации или нормализации и высокому отпуску.

Химический состав стали в настоящее время регламентируется ОСТ 32.183-2001 «Тележки двухосные грузовых вагонов колеи 1520 мм. Детали литые. Рама боковая и балка надрессорная» и приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав стали 20ГЛ для боковых рам

Массовая доля содержания элементов, %							
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu
Не более							
0,17-0,25	0,30-0,50	1,10-1,40	0,040	0,040	0,30	0,30	0,60

Сталь выплавляется в электрических или мартеновских печах с основной футеровкой и должна быть раскислена алюминием с массовой долей от 0,020 до 0,060 %. Вид и количество других раскислителей (модификаторов), а также способ раскисления (модифицирования) выбирает предприятие изготовитель.

ОСТ 32.183-2001 также определяет допускаемые отклонения от требований к химическому составу, которые составляют: для углерода – минус 0,02 %; для марганца – ми-

нус 0,10 %; для кремния – $\pm 0,10$ %; для хрома – 0,20 %; для никеля – 0,30 %; для серы – 0,005 %; для фосфора – 0,005 %.

При суммарном содержании хрома, никеля и меди более 0,90 % содержание углерода не должно превышать 0,24 %. Суммарное содержание серы и фосфора не должно быть более 0,60 %.

Механические свойства после термической обработки также регламентируются ОСТ 32.183-2001 (таблица 2).

Таблица 2 – Механические свойства стали 20ГЛ после термической обработки

Предел текучести, σ_T , МПа	Временное сопротивление, σ_B , МПа	Относительное удлинение, δ , %	Относительное сужение, ψ , %	Ударная вязкость, Дж/см ² , при температуре		
				20 °С, КCU	-60 °С, КCU	-60 °С, KCV
	Не менее					
От 294 до 343	490	20	30	49,0	24,5	16,7

Примечания:

1. Определение ударной вязкости на образцах с острым надрезом (KCV) является обязательным, а результаты испытаний не являются браковочным признаком. Испытаниям подвергаются не менее 10 плавок в месяц.

2. Ударная вязкость при температуре 20 °С определяется по требованию заказчика.

Микроструктура должна быть феррито-перлитной, допускаются выделения перлита в виде перлитной сетки. Пример микроструктуры показан на рисунке 1.

Определение химического состава и механических свойств («химия» и «механика») производится на образцах, вырезанных из пробных брусков, получаемых в каждой плавке.

Результаты распространяются на все отливки данной плавки.

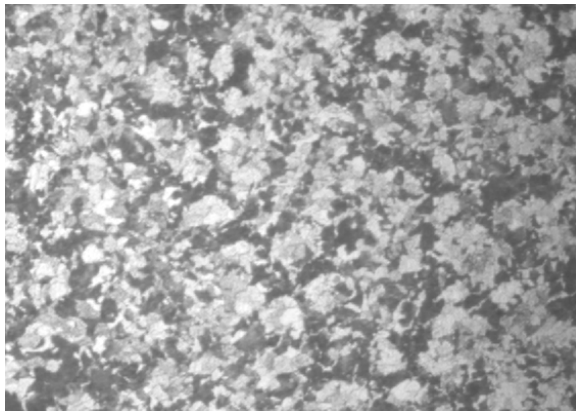


Рисунок 1 – Микроструктура материала рамы боковой после окончательной термической обработки, x100

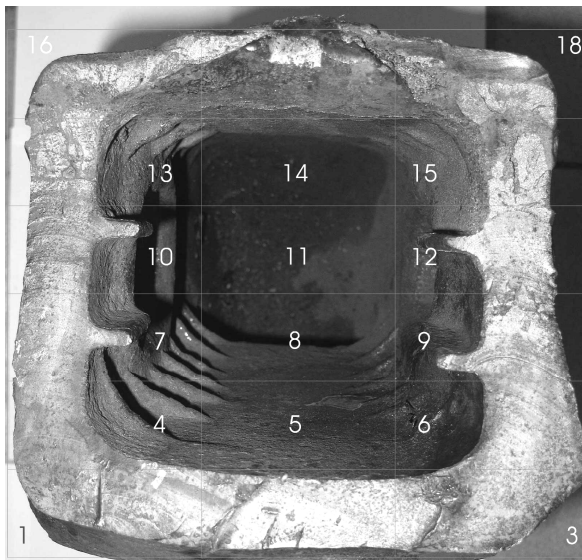


Рисунок 2 – Вид поверхности разрушения боковых рам в процессе эксплуатации (на рисунок нанесена сетка для ориентации по участкам излома)

К методам контроля качества литых рам, кроме «химии» и «механики», ОСТ 32.183-2001 относит: вид излома контрольных приливов и обязательный неразрушающий контроль в наиболее нагруженных зонах боковых рам. Определение вида излома контрольных приливов, по мнению автора, характеристика весьма субъективна и в большой степени зависит от ряда факторов, К таким факторам можно отнести: соблюдение методики отруба контрольного прилива, квалификация контрольного мастера, степень освещённости и ряд других.

Применение методов контроля металла и изделия позволяют выявлять дефекты и отбраковывать рамы боковые. К основным видам дефектов (по производственным данным) относятся: газовые и песчаные раковины, трещины, несоответствие требованиям по «механике» (в первую очередь по ударной вязкости при минус 60 °С) и другие. Потребителю поставляются рамы боковые, прошедшие все виды контроля.

Однако в процессе эксплуатации происходит разрушение рам в первую очередь в буксовом проёме по радиусу закругления R55 и вид их идентичен представленному на рисунке 2.

Фрактография излома показала, что излом усталостный с зарождением и распространением двух трещин. Одна (1) зародилась на участке 1 (рисунок 3) и распространялась вначале в нижнем поясе, а затем ускоренно двинулась в левую боковину. Другая (2) зародилась на участке 2 (рисунок 4), вначале двигалась в нижнем поясе через участок 3 и, выйдя в правую боковину, начала двигаться ускоренно. На пути трещина проходила литейный дефект и появилась ступенька преодоления дефекта, что не повлияло на характер движения трещины. Обе трещины зародились на литейных дефектах (подтверждено заключением ВНИИЖТ) и при движении встретились на участке 2, образовав своеобразную ступеньку.

Из рисунка 2 хорошо видно, что обе трещины разгонялись в боковинах (расстояние между усталостными бороздками увеличивалось) и на определённом этапе произошёл долом. Долом мог быть спровоцирован и динамическими нагрузками в процессе движения вагона.

Следует отметить, что фрактографический анализ приходится проводить по фотоснимкам, так как «железо» излома производителю не достаётся, что резко снижает качество анализа разрушения.



Рисунок 3 – Усталостная трещина 1



Рисунок 4 – Усталостная трещина 2

Изучение альбомов «Изломы боковых рам тележек грузовых вагонов» (РЖД) за разные годы позволило обратить внимание на цветность усталостных трещин в изломах. В большинстве своём цвет отличается от цвета свежеразрушенного металла. Наблюдаются светло-коричневые, тёмно-коричневые тона, что соответствует окисленному металлу. Однако непонятно – в результате чего возникает окисление: либо длительное воздействие на поверхности, возникшей при эксплуатации трещины атмосферы окружающей среды, либо окисление поверхностей под влиянием нагрева при термической обработке уже существующей до эксплуатации трещины. Этот вывод требует дополнительного исследования.

В литой стали 20ГЛ в любом случае будут существовать литейные дефекты, но до сих пор непонятно влияние их вида, величины, количества и места расположения на работоспособность изделия в целом.

Совершенно не изучен вопрос появления в рамах напряжений, возникающих в про-

цессе получения отливки и, особенно, в процессе их термической обработки. Есть данные о появлении трещин в отливках в процессе нормализации. Это возможно в случае высокого градиента температур на этапе нагрева отливки. При ускоренном нагреве до высоких температур нормализации происходит релаксация внутренних напряжений в отливке, которые накладываются на фазовые $\alpha \rightarrow \gamma$ превращения, так как чем выше уровень исходных напряжений, тем быстрее в первый период происходит их разрядка и тем больше опасность зарождения трещин.

Остаточные напряжения, складываясь с рабочими, могут их усиливать или ослаблять. Как правило, наиболее опасны растягивающие остаточные напряжения, так как они, складываясь с растягивающими напряжениями от внешних нагрузок, приводят к разрушению, хотя эти нагрузки могут быть и невелики. Эти напряжения особенно опасны в изделиях из малопластичных сплавов и таких, которые становятся хрупкими при пониженных температурах. При больших остаточных напряжениях разрушение часто происходит от незначительных по величине нагрузок (особенно ударных). Так, например, трещины в стальных отливках могут возникать при очистке их пневматическим зубилом и даже от сквозняка зимой.

Для большинства металлов способность к пластической деформации в значительной степени зависит от температуры. С понижением температуры эта способность для большинства металлов и сплавов уменьшается. При критических температурах резко возрастает сопротивление сдвигу, металл переходит в состояние близкое к хрупкому и разрушается с малой степенью пластической деформации. Свойство металлов и сплавов охрупчиваться со снижением температуры называется хладноломкостью. Обратное понятие хладноломкости – хладнотойкость, что распространяется в основном на конструкции. Явление охрупчивания с точки зрения природы кристаллических решеток объясняется отсутствием плоскостей скольжения у металлов с объемноцентрированной кубической и гексагональной решеткой.

Трещины образуются в местах встречи или пересечения полос двух систем скольжения. При этом возможность хрупкого разрушения тем больше, чем сильнее препятствия, тормозящие свободное передвижение групп

дислокаций. Если скорость распространения микротрещин превысит скорость пластической деформации, то наступит хрупкое разрушение. Пути сдвигов примерно равны диаметру зерна, поэтому измельчение зерна способствует увеличению интервала пластического состояния. Поэтому углеродистые и легированные перлитные при наличии мелкого действительного зерна имеют более низкие критические температуры хрупкости.

Известны два типа хрупкого разрушения: транскристаллитное и интеркристаллитное. Чистые металлы обычно разрушаются по зерну. Межзеренному разрушению благоприятствует наличие включений по границам зерен. С увеличением общего периметра границ зерен межзеренное вещество распределяется в форме более тонких прерывистых пленок, что увеличивает межкристаллические связи и затрудняет распространение микротрещин за счет увеличения путей сдвига. Границы зерен характеризуются значительными нарушениями кристаллической решетки, вредное влияние которых существенно ослабляется с повышением гранулярности структуры, за счет дробления путей сдвига, уменьшения длины микротрещин и соответствующего увеличения интервала пластического состояния. Таким образом, прочность металлов и их сопротивляемость хрупкому разрушению в значительной степени обуславливаются состоянием границ зерен. Еще больше влияют на величину хрупкой прочности неметаллические включения, располагающиеся как по границам зерен, так и внутри них.

Но при этом включения рассматриваются как концентраторы напряжений, а границы включения – металл – как пути, по которым распространяются трещины разрушения. Но влияние природы и формы включений на хладноломкость изучено не в полной мере. Большое влияние на хладноломкость оказы-

вают макродефекты структуры металлов, являющиеся своеобразными концентраторами напряжений. Особенно опасны дефекты типа усадочных раковин, микропористости и газовых пузырей, нарушающие однородность и сплошность структуры.

Во многом хладноломкость определяется и равновесностью микроструктуры. Для боковых рам из стали 20ГЛ критерием хладноломкости принята ударная вязкость при минус 60°C , определяемая на образцах с радиусом надреза $0,25\text{ мм}$ – $\text{KCV}^{-60^{\circ}\text{C}}$. Она должна быть не менее $16,7\text{ Дж/см}^2$.

Исследования Околовича Г. А. показали, что применение двойной термической обработки: нормализации с последующим отжигом I рода (отпуском для снятия внутренних напряжений) повышает хладостойкость стали 20ГЛ.

Вместе с тем следует обратить особое влияние, что существующие в отливке рамы боковой микро – и даже макротрещины (а они существуют) имеют остроту в устье трещины гораздо большую, чем $0,25\text{ мм}$. И описать их влияние может только величина ударной вязкости, определённая на образцах с зарождённой усталостной трещиной, – КСТ.

Особого внимания заслуживает рама боковая как коробчатая конструкция и возникающие в ней напряжения в процессе эксплуатации. Вполне допустимо, что жесткость коробчатой рамы в ряде случаев не допускает релаксации напряжений и это способствует зарождению трещин на дефектах величины меньше критической.

Знание особенностей действующих нагрузок позволило бы изменить методики испытаний на стендах натурных изделий, т.е. рам боковых целиком. Такие исследования дают возможность получать информацию в большей степени приближённую к реальным условиям, чем существующие сейчас испытания образцов, вырезаемых из пробных брусков.