

ДЕФЕКТОВАННОСТЬ ЛИТЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ СТАЛИ 20ГЛ

О. Ю. Курдюмов, В. Я. Огневой

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

Для литых изделий особенное значение приобретает влияние дефектов на работоспособность. В статье даны примеры влияния дефектов на эксплуатационную стойкость.

Ключевые слова: сталь 20ГД, литые изделия, дефектованность, вид излома

DETECTIVENET CASTINGS OF STEEL 20GL

O. Y. Kurdyumov, V. J. Ognevoy

Altai State Technical University, Barnaul, Russia

For castings of special importance is the influence of defects on the performance. The article provides examples of the influence of defects on service life.

Ключевые слова: steel 20ГД, castings, defectologist, the type of fracture

Сталь 20ГЛ широко применяется для изготовления литых деталей тележек грузовых вагонов, в частности боковой рамы.

Боковая рама отливается из стали 20ГЛ и подвергается дополнительной термической обработке: нормализации или нормализации и высокому отпуску.

Химический состав стали приведен в таблице 1.

Сталь выплавляется в электрических или мартеновских печах с основной футеровкой и раскисляется алюминием с массовой

долей от 0,020 до 0,060 %. Вид и количество других раскислителей (модификаторов), а также способ раскисления (модифицирования) выбирает предприятие изготовитель.

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 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

Таблица 2 – механические свойства стали 20ГЛ после термической обработки

Предел текуче- сти, σ_T , МПа	Временное сопротивление, σ_B , МПа	Относительное удлинение, δ , %	Относительное сужение, Ψ , %	Ударная вязкость, Дж/см ² , при температуре		
				20 °С, KCU	-60 °С, KCU	-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.

К методам контроля качества литых рам, кроме «химии» и «механики», относятся: вид излома контрольных приливов и обязательный неразрушающий контроль в наиболее нагруженных зонах боковых рам. Определение вида излома контрольных приливов, по мнению авторов, 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.

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.



Рисунок 1 – Микроструктура материала рамы боковой после окончательной термической обработки, х100

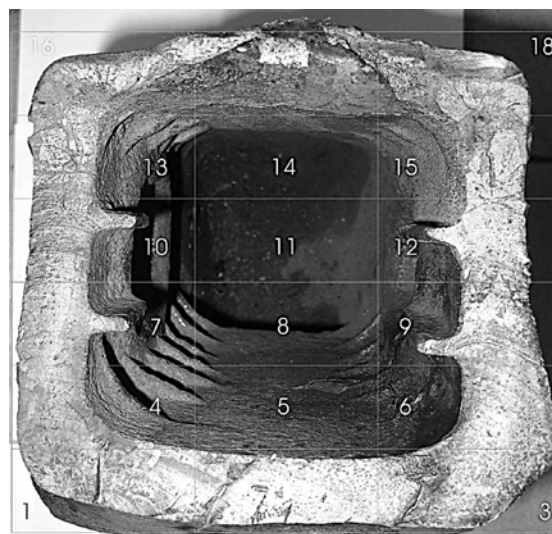


Рисунок 2 – Вид поверхности разрушения боковых рам в процессе эксплуатации (на рисунок нанесена сетка для ориентации по участкам излома)



Рисунок 3 – Усталостная трещина 1

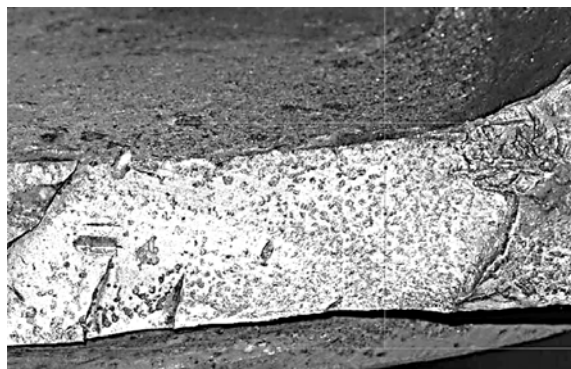


Рисунок 4 – Усталостная трещина 2

Фактография излома показала, что излом усталостный с зарождением и распространением двух трещин. Одна (1) зародилась на участке 1 (рисунок 3) и распростра-

нялась 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 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.

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 рамках напряжений, возникающих в процессе 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 мало пластичных 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.

Во многом хладноломкость определяется равновесностью микроструктуры. Для боковых рам из стали 20ГЛ критерием хладноломкости принята ударная вязкость при минус 60 °С, определяемая на образцах с радиусом надреза 0,25 мм – $KCV^{-60\text{ }^{\circ}\text{C}}$. Она должна быть не менее 16,7 Дж/см². Для исследования влияния термической обработки на хладноломкость стали 20ГЛ проведены исследования, результаты которых представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Влияние термической обработки на хладноломкость стали 20ГЛ

№ п/п	Вид термической обработки	$KCV^{-60\text{ }^{\circ}\text{C}}$, Дж/см ²
1	Нормализация – 900 °С Отжиг I рода – 450 °С	24
2	Нормализация – 900 °С Отжиг I рода – 600 °С	32

Из результатов эксперимента следует, 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 внимание, что существующие в отливке рамы боковой микро – и даже макротрещины (а они существуют) имеют остроту в устье трещины гораздо большую, чем 0,25 мм. И описать их влияние может только величина ударной вязкости, определённая на образцах с зародённой усталостной трещиной, – КСТ.

Курдюмов Олег Юрьевич
Огневой Валерий Яковлевич – к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный
технический университет им. И.И. Ползунова»
(АлтГТУ), г. Барнаул, Россия