



## ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ДЕФЕКТОВ В ЛИТЫХ ЗАГОТОВКАХ СТАЛИ 110Г13Л НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОЕДИНЕНИЙ ПРИ КОНТАКТНОЙ СТЫКОВОЙ СВАРКЕ

Академик НАН Украины **С. И. КУЧУК-ЯЦЕНКО**, **Ю. В. ШВЕЦ**, **А. В. КАВУНИЧЕНКО**, инженеры,  
**В. И. ШВЕЦ**, канд. техн. наук (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины),  
**С. Д. ТАРАНЕНКО**, канд. техн. наук, **В. А. ПРОЩЕНКО**, инж. (ОАО «Днепропетровский стрелочный завод»)

Исследованы особенности образования дефектов в стыковых швах, выполненных контактной стыковой сваркой, литых заготовок из стали 110Г13Л (ГОСТ 7432–87) с аустенитными катаными заготовками из стали 12Х18Н10Т (ГОСТ 5949–75), которые используются для производства сварных железнодорожных крестовин. Установлено, что дефекты литья при попадании в стыковой шов приводят к образованию дефектов и в зависимости от условий их образования по-разному влияют на прочностные свойства сварных соединений.

*Ключевые слова:* контактная стыковая сварка пульсирующим оплавлением, высокомарганцовистая сталь 110Г13Л, рельсовая сталь М76, аустенитная вставка

В ИЭС им. Е. О. Патона разработана технология и оборудование для контактной стыковой сварки железнодорожных крестовин [1], основной особенностью которой является использование пульсирующего оплавления [2], позволяющего получать соединения высокомарганцовистой литой стали 110Г13Л с рельсовой М76 через вставку из прокатанной хромоникелевой аустенитной стали 12Х18Н10Т. Крестовина с приварными рельсовыми окончаниями показана на рис. 1.

Актуальной задачей на современном этапе является повышение надежности и ресурса эксплуатации железнодорожных крестовин. Ее решение неразрывно связано с разработкой рациональных методов неразрушающего контроля как готового изделия (сварных швов), так и входных материалов, используемых при производстве сварной крестовины.

Цель настоящей работы — исследование влияния дефектов швов, связанных с имеющимися дефектами в исходных материалах перед сваркой, на механические свойства соединений. Особенно это актуально при сварке литых заготовок, поскольку этот вопрос практически не исследовался.

Оценку влияния дефектов стыковых швов, возникающих в результате попадания дефектов литья (раковин, пор) в зону сварного соединения, на его прочностные свойства и их выявляемость радиографическим методом контроля проводили на образцах рельсового профиля Р65. Для этого отлили партию отливок из стали 110Г13Л с нарушением технологии литья, что привело к обра-

зованию литейных дефектов. Концы отливок на глубину до 100 мм подвергли радиографическому контролю, по результатам которого определили места залегания дефектов и их размеры. После этого провели торцовку образцов таким образом, чтобы при сварке дефект попал в зону соединения. В образцах отливок, где отсутствовали естественные дефекты, просверлили отверстия, которые имитировали пустоты в отливке. Механические испытания образцов проводили в соответствии с ТУ У 27.3-26524137-1342:2006 [3]. Перед испытаниями провели радиографический контроль сварных швов образцов на наличие дефектов.

После проведения механических испытаний сварных образцов на статический изгиб в участках, где дефекты литья вызвали разрушение по линии соединения 12Х18Н10Т + 110Г13Л, вырезали шлифы, на которых проводили металлогра-

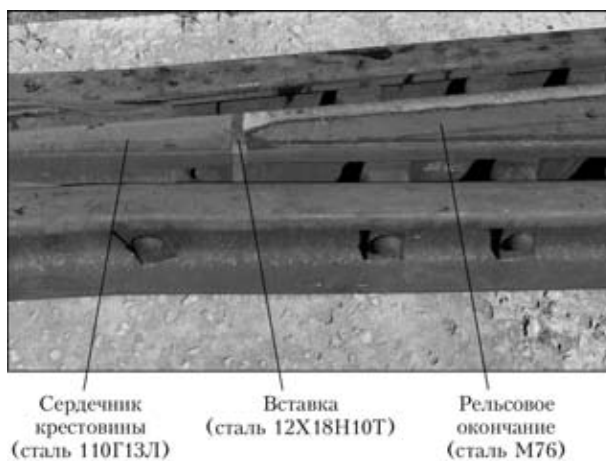


Рис. 1. Крестовина с приварными рельсовыми окончаниями

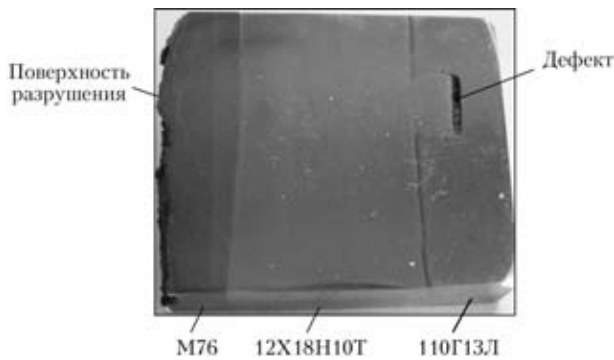


Рис. 2. Макрошлиф соединения с искусственным дефектом

фические исследования. Вырезку шлифов проводили также из дефектных мест, которые были найдены в швах радиографическим контролем, хотя они и не привели к разрушению образцов по линии соединения. Исследования микроструктуры осуществляли на оптическом микроскопе «Neophot-32», анализ химической неоднородности — на микроскопе-микроанализаторе SX-50 фирмы «САМЕВАХ».

На рис. 2 представлен макрошлиф, вырезанный из образца с искусственным дефектом, который при испытаниях разрушился по рельсовому окончанию (сталь М76) при усилии 1100 кН и стреле прогиба 21 мм. Как видно из рисунка, полость искусственного дефекта (горизонтальное отверстие диаметром 8 мм в подошве отливки 110Г13Л) при оплавлении заполняется расплавом свариваемых сталей 110Г13Л и 12Х18Н10Т. При осадке не происходит увеличения площади дефекта, заполненного расплавом, а линия соединения в зоне дефекта сохраняет прямизну, характерную для бездефектных зон. По линии соединения наблюдается даже некоторое уменьшение площади дефекта за счет вдавливания близлежащих к дефекту слоев 110Г13Л в расплав, при этом протекает боковое деформирование расплава и, как следствие,



Рис. 3. Микроструктура (×25) соединения в зоне искусственного дефекта

Химический состав расплава в искусственном дефекте, мас. %

Зона замера	Mn	Cr	Ti	Ni
А	11,006	6,637	0,075	3,624
Б	14,390	0,139	0	0,037
В	13,247	3,562	0	2,221
Матрица 110Г13Л	14,367	0,078	0	0,042
Матрица 12Х18Н10Т	1,783	18,712	0,326	9,657

происходит прессовая сварка расплава с основным металлом 110Г13Л по боковой поверхности искусственного дефекта. Подтверждением этого являются надрывы, возникшие в стали 110Г13Л в результате механических испытаний (рис. 3). Таким образом, дефект типа поры без шлаковых включений при контактной стыковой сварке подвергается в некоторой степени «залечиванию» и не является критичным при статических испытаниях.

Заполнение искусственной поры расплавом происходит в процессе оплавления. В связи с этим представляет интерес химический состав расплава с точки зрения количества металла, попадающего на оплавливаемую поверхность с другой оплавливаемой поверхности при взрыве перемычек. Как показывают полученные результаты, до 20 % металла на оплавливаемой поверхности (в жидком слое) составляет металл с противоположной оплавливаемой поверхности, попадающий на нее при взрыве перемычек.

Результаты анализа химического состава расплава в зонах А, Б, В (рис. 3) приведены в таблице. В микроструктуре металла, заполняющего отверстие, наблюдаются слои, разграниченные цепочками неметаллических включений. Образование слоистой структуры вызвано порционным заполнением отверстия при взрыве перемычек.

На рис. 4 представлен макрошлиф, вырезанный из образца с естественным дефектом, который при испытаниях разрушился по линии соединения М76 + 12Х18Н10Т при усилии 106 тс и стреле



Рис. 4. Макрошлиф соединения с естественным дефектом

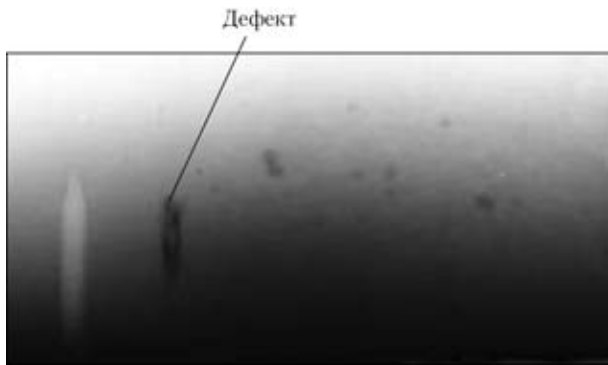


Рис. 5. Рентгеновский снимок естественного дефекта в образце

прогиба 22 мм. Данный дефект был выявлен при радиографическом контроле сварного шва (рис. 5). На рис. 6 показана микроструктура соединения в зоне естественного дефекта (литейная пора со шлаковыми включениями). Как видно, полость дефекта при оплавлении заполнена расплавом свариваемых сталей 110Г13Л и 12Х18Н10Т. Шлак из расплава как более жидкотекучий вытесняется в периферийную часть поры и остается в виде шлаковых включений, часть которых попадает в металл расплава. Хотя дефект находился в подошве отливки, разрушения образца по дефекту не произошло. Это объясняется тем, что шлаковые включения при таком формировании соединения оттесняются на периферию поры, а зона линии соединения формируется из расплава, в котором отсутствуют шлаковые включения. Таким образом, дефект типа поры со шлаковыми включениями при возможности оттеснения расплава шлака от зоны соединения ведет себя аналогично искусственному дефекту и существенно не снижает механические свойства образцов при статических испытаниях.



Рис. 6. Микроструктура (×25) соединения в зоне естественного дефекта

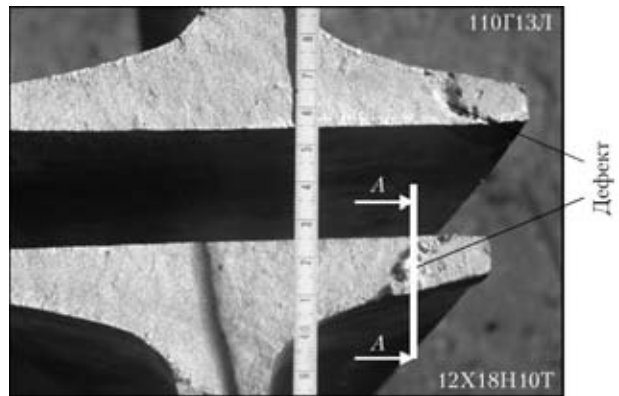


Рис. 7. Внешний вид дефектов в изломе образца (А-А — схема вырезки шлифа из образца)

На рис. 7 показан внешний вид естественного дефекта в изломе образца. Разрушение образца произошло по линии соединения 110Г13Л + 12Х18Н10Т при усилии 800 кН и стреле прогиба 12 мм. Основной причиной разрушения образца при низких показателях механических свойств является наличие дефекта типа непровара [4]. Проведенный до сварки радиографический контроль выявил дефект в отливке (литейная пора). При оплавлении произошло его заполнение расплавом свариваемых сталей 110Г13Л и 12Х18Н10Т и оттеснение шлакового расплава в периферийную часть поры. Деформация при осадке из-за недостатка объема поры привела к вдавливанию шлакового расплава и его растворению в расплаве свариваемых металлов, а при кристаллизации объема образовались усадочные рыхлости, которые плохо обнаруживаются при радиографическом контроле соединений, особенно при больших толщинах просвечиваемых металлов.

На рис. 8 представлена микроструктура соединения в зоне дефекта и в бездефектной области сварного шва со стороны стали 12Х18Н10Т. Как видно, разрушение происходит по линии соединения 110Г13Л + 12Х18Н10Т, а в зоне дефекта происходит вырыв по дну первоначальной поры, где наблюдается максимальная концентрация шлаковых включений.

В заключение следует отметить, что проведенные металлографические исследования сварных соединений показали, что литейные дефекты (раковины, поры) практически не увеличивают своих размеров при пластической деформации, что является положительным фактором для проведения входного радиографического контроля отливок перед сваркой. При контроле сварного соединения дефекты в отливках, размеры которых меньше предела чувствительности радиографического контроля, выявлены не будут, а после сварки их размеры не увеличатся.

При попадании в зону сварного соединения литейного дефекта (раковина или пора со шла-

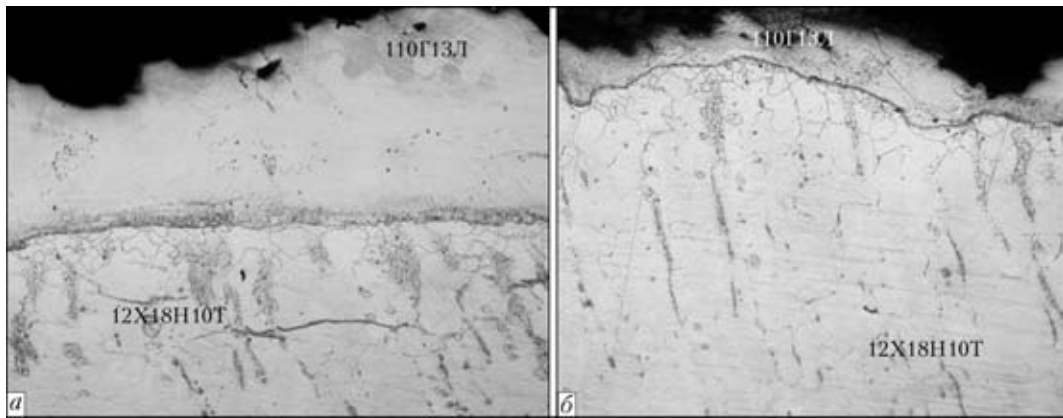


Рис. 8. Микроструктуры ( $\times 100$ ) соединения 12X18H10T + 110Г13Л после разрушения образца при испытаниях со стороны стали 12X18H10T: а — зона дефекта, вырыв по литейной раковине; б — бездефектная зона, разрушение по линии соединения

ковыми включениями) возможны два варианта образования сварочного дефекта:

при первом, когда размеры дефекта позволяют вытеснить шлаковые включения в виде расплава на периферию поры, зона соединения формируется из расплава, в котором отсутствуют шлаковые включения. Такие дефекты в сварном шве хорошо определяются радиографическим контролем из-за наличия шлаковых пустот, но они существенно не снижают механические свойства образцов при статических испытаниях;

при втором, когда размеры дефекта не позволяют вытеснить шлаковые включения в виде расплава на периферию поры, при деформации из-за недостатка объема поры происходит вдавливание шлакового расплава и его растворение в расплаве свариваемых металлов, что при кристаллизации объема приводит к образованию усадочных рыхлостей, которые не обнаруживаются при радиографическом контроле соединений. Такие дефекты приводят к недопустимому снижению механических свойств сварных соединений.

Радиографический контроль концов отливок сердечников крестовин, которые подлежат кон-

тактной стыковой сварке, позволяет выявить дефекты литья, а также провести их ремонт перед сваркой, что в сочетании с входным ультразвуковым контролем рельсовых окончаний и промежуточной вставки обеспечит гарантированное качество входных материалов для сварки. Система контроля параметров режима сварки позволяет гарантировать требуемое качество сварных соединений при использовании контроля входных материалов для сварки. В этой связи радиографический контроль сварных швов крестовин после контактной стыковой сварки не является целесообразным.

1. Контактная стыковая сварка железнодорожных крестовин с рельсовыми окончаниями через промежуточную вставку / С. И. Кучук-Яценко, Ю. В. Швец, Е. А. Думчев и др. // Автомат. сварка. — 2005. — № 1. — С. 6–9.
2. Пат. 46820 Україна. Спосіб контактного стыкового зварювання / С. І. Кучук-Яценко, О. В. Дідковський, М. В. Богорський та ін. — Опубл. 17.06.02.
3. ТУ У 27.3-26524137-1342:2006. Хрестовини та сердечники з привареними рейковими закінченнями типів Р65, Р50 та УІС60. — Чинний з 2006 р.
4. Кучук-Яценко С. И. Контактная стыковая сварка оплавлением. — Киев: Наук. думка, 1992. — 236 с.

The paper deals with the features of defects formation in flash-butt welds of cast blanks from 110G13L steel with austenitic rolled blanks from 12Kh18N10T steel, which are used in manufacturing of welded railway frogs. It is established that casting defects, when located in the butt weld zone, lead to formation of defects in it and depending on their formation, affect the strength properties of welded joints.

Поступила в редакцию 10.02.2011