



УДК 621.791:625.143.48

## КОНТАКТНАЯ СТЫКОВАЯ СВАРКА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КРЕСТОВИН ЧЕРЕЗ ЛИТУЮ АУСТЕНИТНУЮ ВСТАВКУ

С.И. КУЧУК–ЯЦЕНКО<sup>1</sup>, Ю.В. ШВЕЦ<sup>1</sup>, А.В. КАВУНИЧЕНКО<sup>1</sup>, В.И. ШВЕЦ<sup>1</sup>,  
С.Д. ТАРАНЕНКО<sup>1</sup>, В.А. ПРОЩЕНКО<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ. 03680, г. Киев-150, ул. Боженко, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

<sup>2</sup> ПАТ «Днепропетровский стрелочный завод». 49098, г. Днепропетровск-98, ул. Белостоцкого, 181

Широкое применение получила технология контактной стыковой сварки железнодорожных крестовин с рельсовыми окончаниями с использованием аустенитной вставки из проката нержавеющей стали типа 18-10. В настоящей работе описаны эксперименты по оценке возможности использования в качестве вставки фасонного литья из стали типа 18-10. Показано, что принципиальных отличий в структуре и свойствах металла различных зон сварных соединений с использованием катаных или литых вставок не наблюдается. Дальнейшее повышение экономичности и физико-механических свойств сварных соединений может быть реализовано путем оптимизации химического состава и структуры металла вставки. Библиогр. 8, табл. 3, рис. 2.

*Ключевые слова:* контактная стыковая сварка, пульсирующее оплавление, высокомарганцовистая сталь 110Г13Л, рельсовая сталь М76, аустенитная вставка, сварные соединения, химический состав, δ-феррит, механические свойства

В 1990 г. фирма «Ферайнигте Эстеррайхише Айзен-унд Штальверке-Альпине Монтан АГ» (Австрия) предложила способ соединения деталей стрелок из аустенитного высокомарганцовистого стального литья с рельсом из углеродистой стали [1], при котором используется стабилизированная ниобием или титаном аустенитная вставка из хромоникелевой стали типа 18-10, причем содержание ниобия во вставке должно быть не менее 10-кратного, а титана не менее 5-кратного содержания углерода.

В ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины в 1990 гг. была разработана технология контактной стыковой сварки железнодорожных крестовин из высокомарганцовистой стали 110Г13Л с рельсовыми окончаниями из стали М76 методом контактной сварки с пульсирующим оплавлением [2]. Отличительной особенностью этой технологии является возможность получения качественных соединений при минимальном энергозатражении, что позволяет минимизировать или исключить образование в сварных швах нежелательных структурных превращений, способных понизить пластические свойства соединений. Это открыло новые возможности оптимизации технологии сварки, в частности, позволило снизить требования к регламентации химического состава вставки и исключить энергозатражающую операцию термической обработки.

Такая технология была успешно внедрена на ПАТ «Днепропетровский стрелочный завод». За 14 лет сварено и успешно эксплуатируется око-

ло 1500 крестовин с приваренными рельсовыми окончаниями. Накоплен значительный экспериментальный материал [3–7], который позволил усовершенствовать технологию сварки, уточнить требования к составу стали 110Г13Л, в частности, по содержанию в ней фосфора, оценить структурное и фазовое состояния в различных участках сварного соединения и металла вставки. Было установлено также, что подготовка катаных аустенитных заготовок из стандартного листового проката сталей типа 18-10 сопряжено с повышением трудоемкости работ, а в ряде случаев их химический состав не удовлетворял требованиям по качеству полученных соединений. Так, в отдельных образцах сваренных крестовин в участке металла вставки из стали типа 18-10 (не содержащий δ-феррита), близкого к границе сплавления с рельсовой сталью, обнаруживались межзеренные микротрещины, имеющие характер горячих микротрещин.

Кроме того, при испытании соединений на статический изгиб наиболее частыми местами разрушения оказывались участки основного металла вблизи линии сплавления со стороны рельсовой стали М76 [3]. Трещины носят характер продольных, ориентированных вдоль оси зоны соединения и, вероятно, связаны с замедленным разрушением, инициированным мартенситным превращением.

Цель настоящей работы состояла в установлении на первом этапе возможности использования литых аустенитных вставок из стали типа 18-10 в

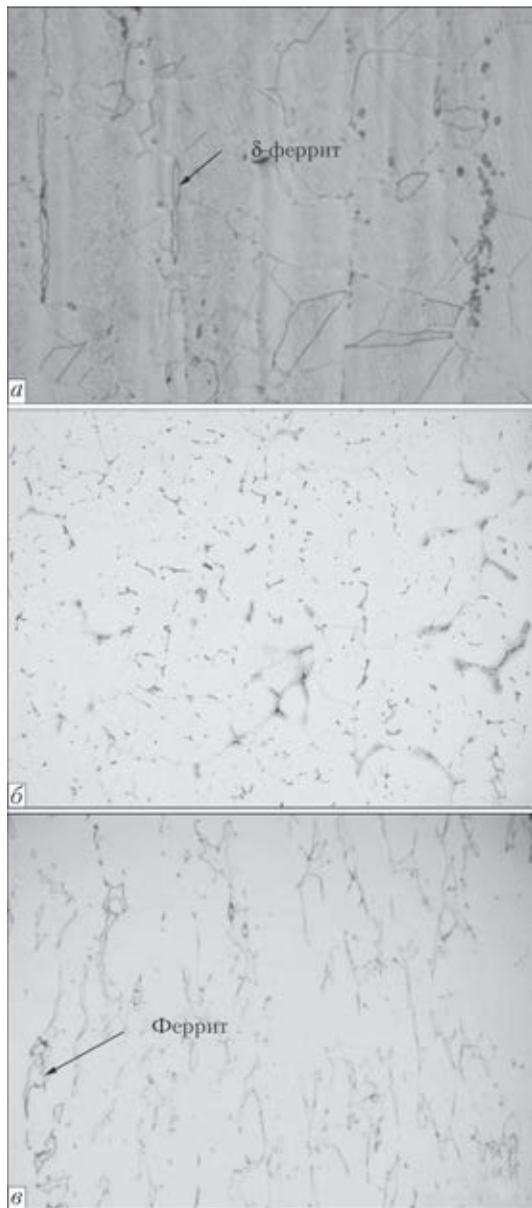


Рис. 1. Микроструктура хромоникелевой вставки: *a* — катаная сталь; *б* — литая сталь 1; *в* — литая сталь 2 (*a* —  $\times 250$ ; *б*, *в* —  $\times 100$ )

соединении крестовин с рельсовыми окончаниями. При положительном результате в дальнейшем возможно оптимизировать химический и структурный состав вставки для обеспечения высоких показателей механических свойств соединений.

Работы проводили совместно со специалистами ПАТ «Днепропетровский стрелочный завод» с использованием имеющегося на заводе оборудо-

Таблица 1. Химический состав вставок

Тип вставки	Массовая доля элементов, %					
	C	Cr	Ni	Ti	S	P
Катаная	0,08	17,8	9,7	0,57	0,006	0,03
Литая 1	0,05	21,3	11,5	0,07	0,005	0,02
Литая 2	0,17	19,0	9,9	0,09	0,006	0,03

вания для изготовления профильного литья из аустенитной стали.

Химический состав вставки контролировали спектральным анализом. Сварку образцов выполняли на базовом режиме [3]. Металлографические исследования проводили на оптическом микроскопе «Неофот 32» и растровом электронном микроскопе JAMP 9500 F. После сварки образцов и шлифовки поверхности соединения она подвергалась неразрушающему (капиллярному) контролю. Механические испытания на статический изгиб проводили на гидравлическом прессе МПС-300 в соответствии с требованиями [8].

В табл. 1 приведен химический состав катаной и экспериментальных литых вставок. На рис. 1 представлена микроструктура металла вставок.

Микроструктура оптимальной по химическому составу катаной вставки представляет собой типичную структуру полигонального аустенита с включениями  $\delta$ -феррита, вытянутыми вдоль направления проката (рис. 1, *a*). Микроструктура литой вставки 1, представленная на рис. 1, *б*, типична для литого состояния. Основу ее составляют первичные аустенитные зерна. Между зернами аустенита располагаются зерна феррита, окантованные более травящимися участками, вероятно, обусловленными межзеренной ликвацией. В микроструктуре литого сплава 2 объемная доля феррита выше. Включения феррита окантованы структурной составляющей темного цвета, обогащенной титаном.

В макроструктуре сварного соединения (рис. 2) наблюдаются такие характерные участки:

- переходная зона на контактной границе рельсовой стали М76 и вставки;
- переходная зона на контактной границе стали 110Г13Л и вставки;

Структурные составляющие в переходных зонах сварных швов с литой вставкой подобны тем, которые образуются при использовании катаной вставки [3–5].

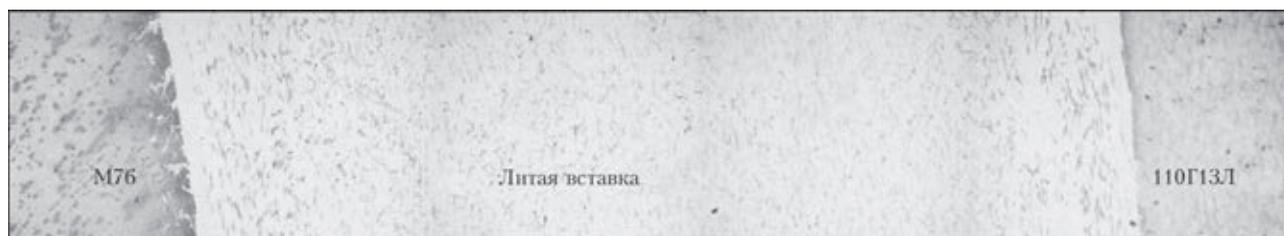


Рис. 2. Макроструктура сварного соединения крестовины с рельсовыми окончаниями ( $\times 25$ )



**Таблица 2. Механические свойства основного металла вставки**

Тип вставки	Временное сопротивление разрыву, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение, %
Катаная	480...520	200...220	40...44
Литая	387...474	205...263	36...58

**Таблица 3. Результаты испытаний сварных образцов на статический изгиб (профиль Р65).**

Тип вставки	Разрушающее усилие, Н	Стрела прогиба, мм
Катаная	940-1330 1115	16,0-36,0 22,5
Литая 1	1120-1190 1140	29,0-48,0 38,0
Литая 2	855-1100 994	18,0-29,0 24,0

Переходная зона на контактной границе стали 110Г13Л и литой вставки имеет стабильную аустенитную структуру. Отличительная особенность заключается в наличии в приконтактном слое стали 110Г13Л повышенного содержания хрома и никеля.

У границы соединения стали М76 с литой вставкой (со стороны стали М76), как и в соединении с прокатными вставками возможно локальное образование закалочных структур, которые могут понижать пластические свойства соединений на этом участке.

В табл. 2 приведены результаты испытаний механических свойств основного металла вставок. Результаты испытаний показывают, что основной металл соответствует требованиям, предъявляемым к вставкам по пределу текучести (200...250 МПа) и относительному удлинению — более 40 %.

Результаты испытаний образцов на статический изгиб представлены в табл. 3.

Одной из причин более стабильных механических свойств сварных соединений, полученных че-

рез литую вставку, может заключаться в том, что неметаллические включения в них имеют глобулярную форму и относительно равномерно распределены по сечению вставки, а в катаной вставке они сосредоточены в полосах прокатки и при сварке вероятность попадания их в зону стыка выше.

Таким образом, экспериментально подтверждена перспективность применения литых вставок в соединениях железнодорожных крестовин с рельсовыми окончаниями при контактной стыковой сварке пульсирующим оплавлением. Целесообразны дальнейшие исследования по оптимизации химического и структурного состава металла вставки с целью повышения экономичности процесса и стабильности механических свойств.

1. *Европейская патентная заявка № 0 467 881 А1, № публикации 91890157.0. – 1991 г.*
2. *Пат. України 46820. Спосіб контактної стикової зварювання / С.І. Кучук-Яценко, О.В. Дідковський, М.В. Богорський та ін. – Оpubл. 17.06.02.*
3. *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.*
4. *Особенности формирования структуры соединений рельсовой стали М76 со сталью 110Г13Л, выполненных контактной стыковой сваркой оплавлением / С.И. Кучук-Яценко, В.И. Швец, Г.Н. Гордань и др. // Там же. 2006. – № 1. – С. 3–9.*
5. *Влияние ширины вставки из нержавеющей стали на эксплуатационные свойства соединений железнодорожных крестовин с рельсовыми окончаниями / С.И. Кучук-Яценко, Ю.В. Швец, А.В.Кавуниченко и др. // Там же. – 2007. – № 3. – С. 3–7.*
6. *Работоспособность сварных соединений железнодорожных крестовин, выполненных контактной стыковой сваркой / С.И. Кучук-Яценко, Ю.В. Швец, А.В.Кавуниченко и др. // Там же. – 2008 – № 9. – С. 39–42.*
7. *Причины образования трещин в зоне термического влияния литой высомарганцовистой стали при контактной стыковой сварке / С.И. Кучук-Яценко, В.И. Швец, Ю.В. Швец и др. // Там же. – 2010 – № 7. – С. 5–8.*
8. *ТУУ 27.3–26524137–1342:2006. Хрестовини та сердечники з привареними рейковими закінченнями типів Р65, Р50 та UIC60. – Дійсний з 10.08.2006.*

Поступила в редакцию 05.06.2015

## ■ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛЕГКИХ СВАРНЫХ БАЛЛОНОВ

В ИЭС разработана технология и изготовлена опытная партия легких сварных баллонов на расчетное рабочее давление 150 МПа с полезным объемом 5,0 л и удельной массой 0,5 кг/л. Баллон изготавливается из сварной прямошовной цилиндрической обечайки, к которой привариваются сферические днища и горловина. Для изготовления деталей баллона используется листовая сталь 25ХГСА толщиной 2,0 мм с пределом прочности после заключительной термообработки всего изделия на уровне 1200 МПа. Для обеспечения стабильности качества сварных баллонов на всех стадиях термообработки контролировалось качество ее исполнения. Баллоны испытаны по специальной программе согласно требованиям ДНАОП 000-1.07-94.

Легкие сварные баллоны предназначены для хранения различных газов под давлением. Выполнена конструкторская разработка и опытно-промышленная проверка.