

УДК 621.873

Шепотько В. П., Гавриш П. А.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА ПРОЛЕТНЫХ БАЛОК РУДНО-ГРЕЙФЕРНЫХ ПЕРЕГРУЖАТЕЛЕЙ

Особенностью процесса сварки металлоконструкций является местный высокотемпературный нагрев металла [1, 2]. Остаточные напряжения и деформации, которые возникают после выполнения ремонтной сварки металлоконструкций, приводят к снижению качества ремонта и снижению усталостной прочности металла.

В зоне термического влияния при сварке происходят также и структурные превращения, обусловленные тем, что в металле появляются участки с ярко выраженным изменением объема. Так, например, мартенситное превращение при повышении скорости охлаждения сопровождается увеличением структурного объема. Такое местное изменение объема металла, при сохранении объемов рядом расположенных холодных участков, приводит к возникновению внутренних структурных (так называемых реактивных) напряжений. Реактивные напряжения уравновешены в пределах конструкции (или ее части) и вызывают появление остаточных сжимающих напряжений в других элементах. Опыт эксплуатации показывает, что причиной повреждения сварных конструкций чаще всего являются реактивные напряжения, которые наиболее неблагоприятно проявляют себя при ремонтной сварке на местах эксплуатации [3]. Остаточные деформации искажают размеры и форму свариваемых элементов металлоконструкций, затрудняют сборку и монтаж стыкуемых деталей. При этом в ряде случаев требуется: рихтовка, подгонка, и последующая правка металлоконструкций. Вышеуказанные негативные факторы требуют особого внимания при разработке технологии ремонтной сварки [4].

Целью работы является исследование технологических и конструктивных факторов, снижающих негативные последствия остаточных напряжений и деформаций.

Совершенствование технологических и конструктивных факторов металлоконструкции выполнено при ремонте рудно-грейферного крана перегружателя производства TAKRAF. Узел подрельсовой зоны верхнего пояса пролетных балок (рис. 1) представляет собой жесткую металлоконструкцию, при сварке которой необходимо применять специальную технологию для снижения остаточных реактивных напряжений после сварки [5].

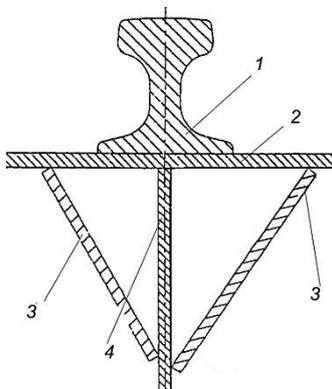


Рис. 1. Узел подрельсовой зоны пролетных балок:

1 – подтележечный рельс; 2 – верхний пояс пролетной балки; 3 – ламель; 4 – стенка

Проект ремонта дефектных мест верхнего пояса пролетных балок предусматривал следующую технологию ремонта:

- демонтаж подтележечных рельсов;
- вырезка дефектных участков верхнего пояса (рис. 2);
- вырезка дефектных участков ламелей, диафрагм и стенки;
- зачистка мест реза;
- последовательная установка и сварка новых элементов взамен удаленных.

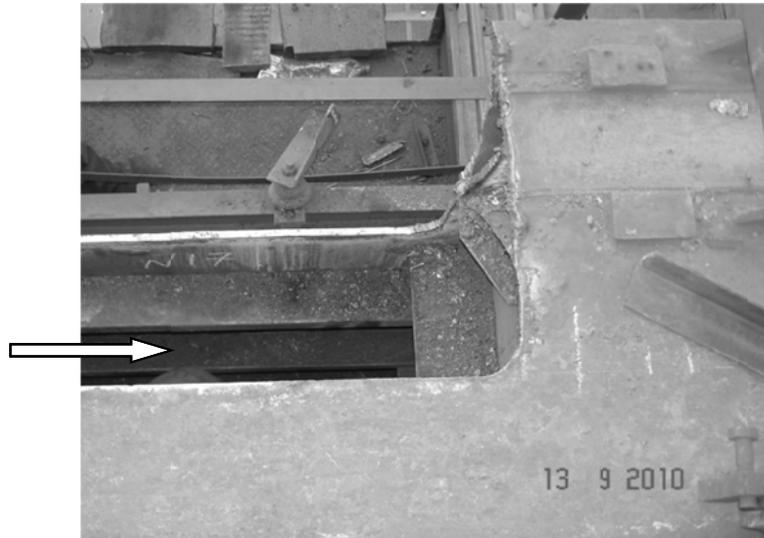


Рис. 2. Вырезка дефектного участка подрельсовой зоны

При установке ламелей поз. 3 проектное количество слоев сварочных валиков по расчету показано на (рис. 3). Однако, при сварке такого узла из-за большого тепловложения возникают высокие остаточные напряжения [6], которые приводят к недопустимой деформации конструкции (рис. 4).

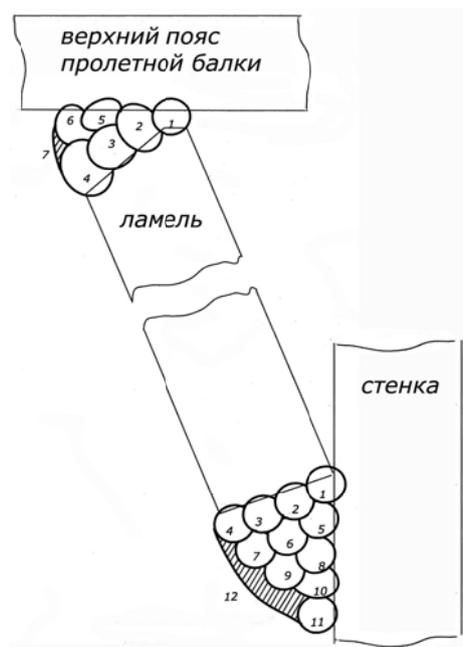


Рис. 3. Схема расположения сварочных валиков (слоев) при сварке ламели

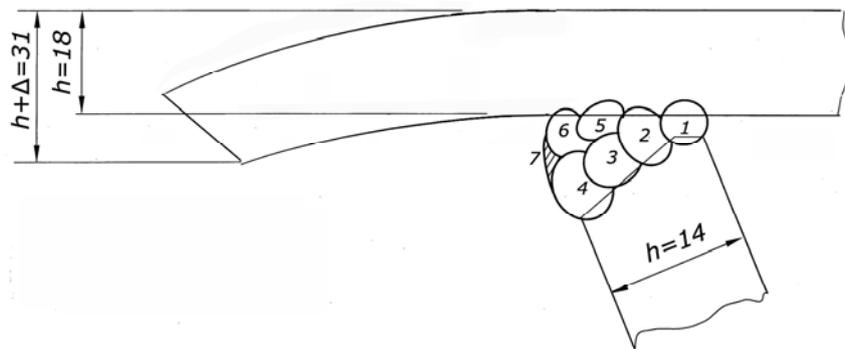


Рис. 4. Деформация верхнего пояса пролетной балки

Исследование величины деформации в зависимости от тепловложения (сварочный ток и диаметр электрода) и толщины металла ламели приведено в табл. 1.

Таблица 1

Зависимость величины деформации от технологических параметров

Диаметр электрода, мм	Количество наплавленных слоев	Величина деформации, мм
6	4	20
6	3	18
5	6	19
5	5	16
4	7	12
4	6	8
4	5	3...4
3	10	11
3	8	10
3	6	8

Создание математической модели с помощью программы Statistica 6 [7] позволило прогнозировать остаточные деформации после сварки ламели и выбрать метод снижения остаточных деформаций.

На (рис. 5) приведен расчет коэффициентов регрессионного уравнения модели.

Regr. Coefficients; Var.: a; R-sqr=,98417; Adj:,96439 (Spreadsheet1) 2 factors, 1 Blocks, 10 Runs; MS Residual=1,755188 DV: a						
Factor	Regressn Coeff.	Std.Err.	t(4)	p	-95,% Cnf.Limt	+95,% Cnf.Limt
Mean/Interc.	-202,592	48,53827	-4,17386	0,013987	-337,356	-67,8282
(1)E(L)	54,648	14,83010	3,68495	0,021112	13,473	95,8232
E(Q)	-3,008	1,15974	-2,59333	0,060471	-6,228	0,2124
(2)n(L)	20,515	5,57161	3,68199	0,021167	5,045	35,9838
n(Q)	-0,434	0,16272	-2,66711	0,055974	-0,886	0,0178
1L by 2L	-2,547	0,77738	-3,27626	0,030608	-4,705	-0,3885

Рис. 5. Расчет коэффициентов регрессионного уравнения модели

Графическое изображение математической модели приведено на (рис. 6).

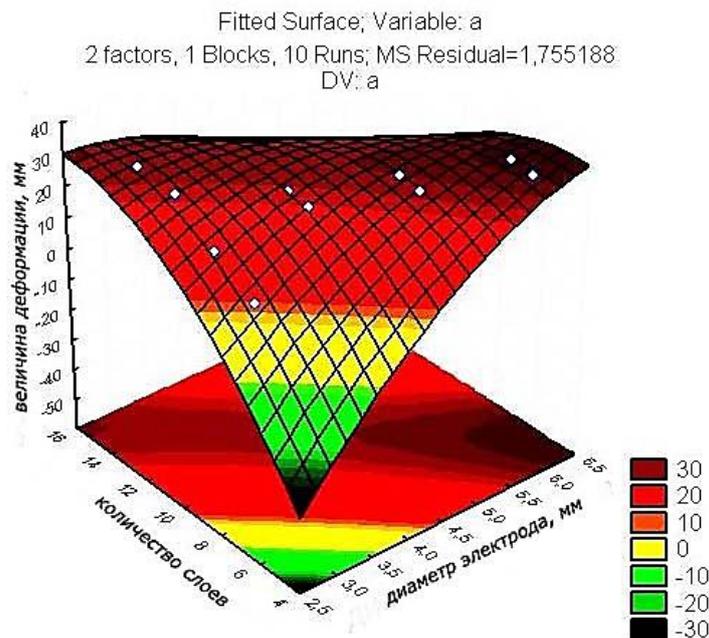


Рис. 5. Графическое изображение математической модели

Анализируя математическую модель, отмечаем, что, даже при снижении диаметра электрода до 3 мм остаточные деформации довольно высокие – более 14 мм. Это обусловлено увеличением количества слоев наплавленного металла что, в конечном счете, повышает тепловложение в металл. Увеличивая диаметр электрода, снижается количество слоев наплавленного металла, но каждый слой наплавленный электродом большего диаметра дает значительно большее тепловложение, чем электроды меньшего диаметра.

Выполнив прочностной расчет и проанализировав математическую модель, приходим к выводу о том, что необходимо конструкторско-технологическое изменение сварного узла. Рабочие нагрузки на ламели – сжимающие. Проектная толщина листов обеспечивает их устойчивость при сжатии. При этом, в месте их закрепления допустимо уменьшение толщины и, соответственно, объема сварного шва.

Принятое решение по конструктивному изменению показано на (рис. 6).

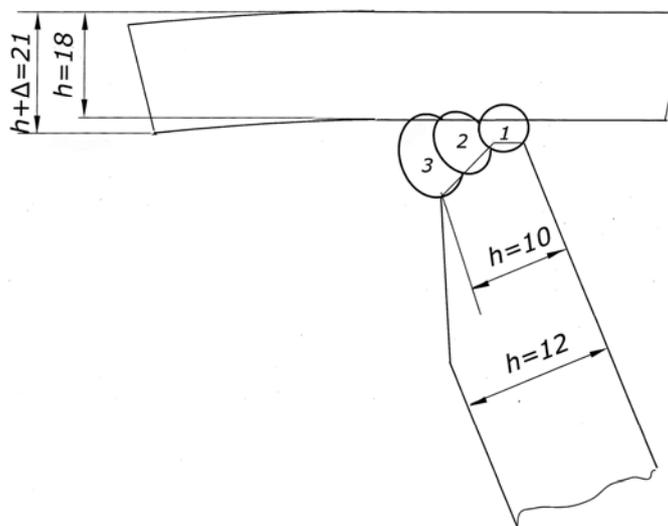


Рис. 6. Конструктивно-технологическое изменение сварного узла приварки ламелей

Применение ламели, изготовленной из металла толщиной 14 мм с дополнительным срезом металла до 10 мм, сокращает количество слоев наплавленного металла до 3. При этом деформация свободной кромки верхнего пояса уменьшается до 3...4 мм.

Разработана математическая модель зависимости величины деформации от диаметра электрода и количества слоев наплавленного металла. На (рис. 7, 8, 9) приведены расчетные коэффициенты регрессионного уравнения, карта Парето, графическое изображение математической модели.

Regr. Coefficients; Var.:a2; R-sqr=,91929; Adj:,8184 (Spreadsheet1) 2 factors, 1 Blocks, 10 Runs; MS Residual=5,294571 DV: a2						
Factor	Regressn Coeff.	Std.Err.	t(4)	p	-95,% Cnf.Limt	+95,% Cnf.Limt
Mean/Interc.	31,6785	96,66187	0,327725	0,759555	-236,698	300,0549
(1)E(L)	-24,6810	26,04893	-0,947487	0,397042	-97,004	47,6424
E(Q)	3,1216	1,85526	1,682592	0,167744	-2,029	8,2727
(2)n(L)	2,3104	15,61031	0,148004	0,889501	-41,031	45,6515
n(Q)	-0,2404	0,61726	-0,389467	0,716777	-1,954	1,4734
1L by 2L	0,8801	2,01341	0,437134	0,684578	-4,710	6,4702

Рис. 7. Расчетные коэффициенты регрессионного уравнения

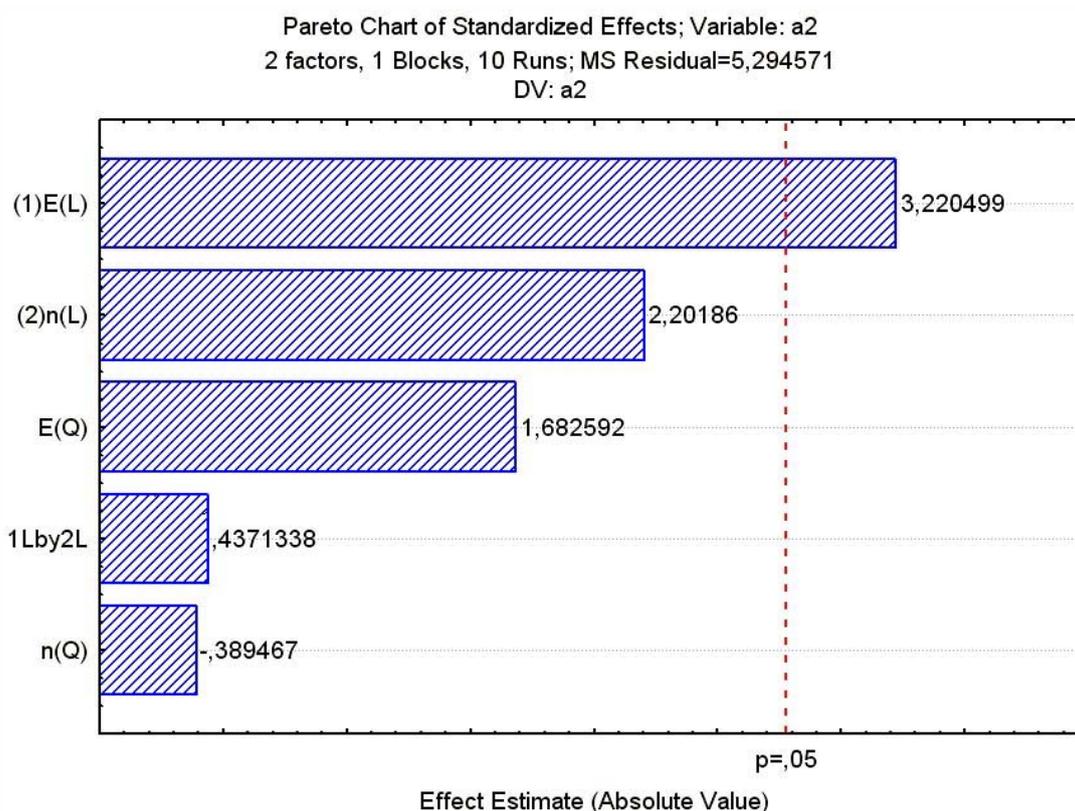


Рис. 8. Карта Парето

Анализируя карту Парето, видно, что члены уравнения математической модели дают незначимые эффекты, кроме линейного (2)n(L). Соответствующая ему колонка пересекает вертикальную линию, которая представляет 95 %-ю доверительную вероятность.

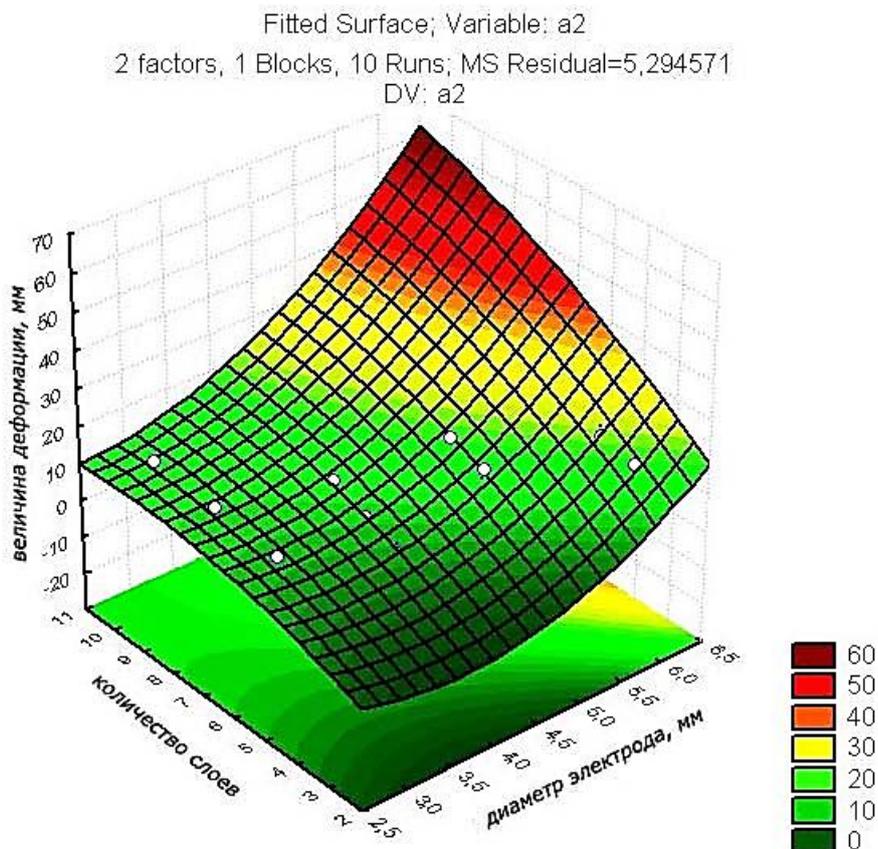


Рис. 9. Графическое изображение математической модели

ВЫВОДЫ

Исследована и проанализирована зависимость влияния технологических и конструктивных факторов ремонтной сварки на величину остаточных напряжений и деформаций. Разработан технологический процесс, снижающий величину остаточных напряжений и деформаций. Предполагается продолжить исследования основных факторов, влияющих на качество и долговечность сварных узлов, выполненных ремонтной сваркой.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Повышение эксплуатационной долговечности сварных металлоконструкций / В. В. Чигарев, Н. А. Макаренко, В. П. Шепотько, П. А. Гавриш, С. В. Лубенец, Н. А. Грановская // *Захист металургійних машин від поломок : зб. наук. пр.* – Маріуполь, 2010. – Вип. 12. – С. 231–237.
2. *Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением* / Под ред. акад. Б. Е. Патона. – М. : Машиностроение, 1974. – 768 с.
3. Усталостные повреждения сварных крановых мостов / О. А. Емельянов, В. П. Шепотько., Ю. В. Пихота, С. В. Лубенец, А. Г. Буренко // *Автоматическая сварка.* – 2004. – № 5. – С. 33–39.
4. Шепотько В. П. Ремонт выполнен... Согласно чему? / В. П. Шепотько // *Подъемные сооружения и специальная техника.* – Одесса : Нац. технич. ассоциация, 2004. – № 7. – С. 19.
5. Gavrish P. A. Preliminary heating at welding of copper with steel / P. A. Gavrish, V. I. Tulupov // *The 10th International Conference «Research and Development in Mechanical Industry». RaDMI 2010. In Memoriam of Prof. Dr Georgios Petropoulos.* – Donji Milanovac, Serbia, 16-17, Septemder 2010. – Vol. 1. – P. 156–158.
6. Гавриш П. А. Точність виготовлення зварних конструкцій : навчальний посібник / П. А. Гавриш, В. Д. Кассов. – Краматорськ : ДДМА, 2006. – 160 с..
7. Боровиков В. П. *STATISTICA* / В. П. Боровиков, И. П. Боровиков. – М., 1997. – 592 с

Статья поступила в редакцию 16.11.2011 г.