

ИЗГОТОВЛЕНИЕ СВАРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ СВАРКИ

Семенов В. М., Кабацкий А. В., Малыгина С. В.

Целью работы являлась разработка малоотходной технологии электрошлаковой сварки деталей типа бандаж при их изготовлении из среднеуглеродистой стали 50, имеющей плохую свариваемость. Работа показала принципиальную возможность изготовления деталей типа бандажей при одновременной сварке двух и более деталей за счет установки их одну на другую. Это позволило снизить время на подготовительные и пусконаладочные операции на 40 %, повысить производительность ориентировочно на 30 % и снизить затраты энергоресурсов на 50 % за счет одновременной термообработки деталей. Полученные экспериментальные данные позволяют рекомендовать производить сборку бандажей с учетом результатов усадки металла шва в процессе сварки аналогичных по конструкции изделий.

Метою роботи була розробка маловідходної технології електрошлакового зварювання деталей типу бандаж при їхньому виготовленні із середньовуглецевої сталі 50, яка має погану зварюваність. Робота показала принципову можливість виготовлення деталей типу бандажів при одночасному зварюванні двох і більше деталей за рахунок встановлення їх однієї на іншу. Це дозволило знизити час на підготовчі й пусконаладжувальні операції на 40 %, підвищити продуктивність орієнтовно на 30 % і знизити витрати енергоресурсів на 50 % за рахунок одночасної термообробки деталей. Отримані експериментальні дані дозволяють рекомендувати робити складання бандажів з урахуванням результатів усадки металу шва в процесі зварювання аналогічних по конструкції виробів.

The aim of the work was the development of a low-waste technology of electroslag welding of parts such as a bandage for their manufacture of medium carbon steel 50 having poor weldability. The principal possibility of manufacturing weldments with simultaneous welding of two or more components by installing them one to another was shown. This will reduce the time necessary for preparation and start-up operations by 40 %, improve performance by approximately 30 % and reduce energy costs by 50 % due to simultaneous heat treatment details. The obtained experimental data allow to recommend to assemble bands taking into account the shrinkage of the weld metal during welding of similar product designs.

Семенов В. М.
Кабацкий А. В.
Малыгина С. В.

д-р техн. наук, проф. ДГМА
канд. техн. наук, доц. ДГМА
канд. техн. наук, доц. ДГМА,
ptm@dgma.donetsk.ua

УДК.621.791.793.

Семенов В. М., Кабацкий А. В., Малыгина С. В.

К ВОПРОСУ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СВАРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ СВАРКИ

Применение электрошлаковой сварки бандажей широко освещено в литературе по сварочному производству [1–4]. Известные технологии предусматривают следующую поштучную технологию изготовления данных изделий: сборка детали, приварка начальных и выводных планок, установка изделия на сварочный стенд, установка сварочных аппаратов и формирующих устройств на стык, сварка, снятие сваренного изделия со стенда подготовка второй детали, выполняя вновь вышеперечисленные операции. Для изготовления бандажей применяют обычно среднеуглеродистые стали, содержащие сравнительно небольшое количество углерода (до 0,35 %) [2] и обладающих удовлетворительной свариваемостью.

В отличие от среднеуглеродистых сталей, имеющих более низкое содержание углерода (например, сталь 30, 35), сварные соединения, выполненные из стали 50, требуют использования дополнительных технологических мер, что обусловлено плохой свариваемостью данной стали, в частности, значительно более высокой склонностью к образованию трещин.

Целью работы являлась разработка малоотходной технологии электрошлаковой сварки деталей типа бандажей из среднеуглеродистой плохо свариваемой стали. В задачи входила также оптимизация процесса электрошлаковой сварки стали 50 со сталью 22К за счет выбора оптимального режима сварки и необходимых механических свойств металла сварных соединений.

Разработанная технология изготовления предусматривает одновременную сварку двух и более деталей. Осуществлялось изготовление двух бандажей, каждый из которых состоял из четырех секторов, отлитых из стали 50. Целый бандаж представлял кольцо наружным диаметром 4 200 мм и внутренним 3 750 мм. Высота бандажа составляла 450 мм (рис. 1). Химический состав металла заготовок представлен в табл. 1.

Осуществлялась также сварка двух стоек из проката (сталь 22К) толщиной 400 мм с поперечиной из стали 50. Получение необходимых механических свойств металла достигалось за счет использования низколегированного электродного материала (сталь МС-1). Сечение деталей в месте сварки имело размеры 400 × 900 мм [4].

Сборку четырех секторов бандажа осуществляли после предварительной механической обработки. Для сокращения цикла изготовления бандажей один собранный бандаж устанавливали на другой, для чего между ними, в местах расположения стыков устанавливали промежуточные стальные планки размером 100 × 100 и длиной, равной толщине свариваемого стыка (см. рис. 1, б).

Таблица 1

Фактический состав свариваемых заготовок

Содержание элемента, %				
С	Mn	Si	S	P
0,49	0,72	0,37	0,011	0,029

В нижней и верхней частях стыков крепили водоохлаждаемые медные начальные и выводные планки многоразового использования для начала и окончания сварки. Формирование внутренней поверхности швов выполняли медными водоохлаждаемыми подкладками, а наружной поверхности – ползунами.

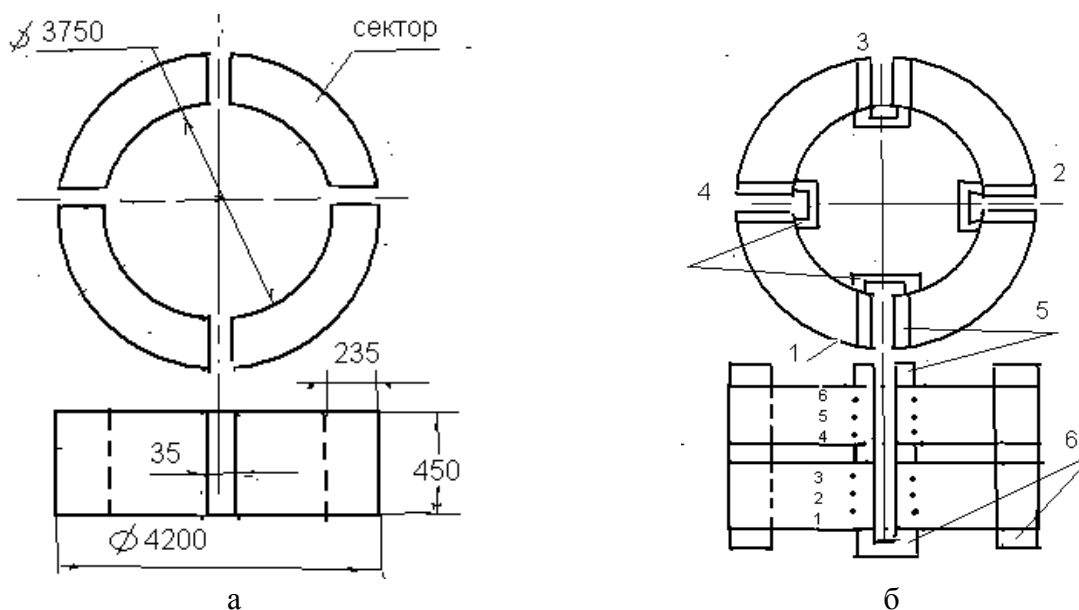


Рис. 1. Общий вид бандажа (а) и схема сборки двух бандажей под электрошлаковую сварку (б).

Учитывая, что сталь с большим содержанием углерода склонна к образованию трещин, как горячих (кристаллизационных) в шве, так и холодных (закалочных) в околошовной зоне (ОШЗ), необходимо было решать задачи обеспечения качественного сварного соединения. Предотвращение горячих трещин в шве осуществляли выбором необходимых сварочных материалов и режимов сварки, а предупреждение холодных трещин в (ОШЗ) – использованием подогрева. При выборе температуры подогрева использовали расчет по углеродному эквиваленту, учитывающему влияние легирующих элементов в стали на образование трещин [5]. Для стали 50 значение углеродного эквивалента равно приблизительно 0,53 и тепловой режим для сварки металла толщиной менее 250 мм рекомендован в соответствии с рекомендациями [4].

Для ЭШС стали 50 рекомендованы сварочные материалы: сварочная проволока Св-10Г2, Ø 3; число электродов – 3; флюс АН-8. Режим электрошлаковой сварки: напряжение – 48–50 В; скорость сварки – 0,3 м/ч; глубина шлаковой ванны – 40 мм; расстояние между электродами – 80 мм. Для свободной усадки металла шва и уменьшения опасности образования горячих трещин сварку выполняли двумя аппаратами одновременно двух противоположно расположенных стыков: сначала 1 и 3, а затем 2 и 4. Такой порядок сварки создавал более благоприятные условия для свободной усадки металла шва и уменьшал опасность образования горячих трещин. Продолжительность одновременной сварки двух стыков составила 5 ч, а всего двух бандажей – 10 ч вместо 20 ч при отдельной сварке каждого бандажа.

Для определения величины деформации сваренных бандажей в процессе сварки производили измерение перемещений свариваемых кромок, для чего до сварки на кромки свариваемых деталей наносили точки (керном) как показано на рис. 1, б. Измерения деформаций производили до сварки и после сварки.

В табл. 2 приведены конечные результаты измерений.

Результаты показали, что внизу верхнего бандажа по наружному диаметру произошла усадка на 23,75 мм, а сверху – на 38,5 мм на длине окружности 13200 мм. Эти данные позволяют рекомендовать производить сборку бандажей с учетом полученных результатов по усадке металла шва в процессе сварки подобных изделий. После сварки бандажи подвергали термической обработке – отпуску (рис. 2) для снижения остаточных напряжений, после чего газокислородной резкой разрезали промежуточные планки и разъединяли бандажи. Эффективность работы достигнута за счет сокращения времени сварки и термической обработки.

Таблица 2

Конечные результаты измерений деформаций четырех стыков бандажей

№ точек/ № стыка	Нижний бандаж			Верхний бандаж		
	1	2	3	4	5	6
I	–	–5,25	–6,75	–5,05	–6,0	–9,2
II	–	–5,15	–	–6,9	–8,9	–10
III	–5,25	–11,3	–7,2	–5,7	–6,5	–9,0
IV	0,2	–4,65	–	–6,1	–7,4	–10,9

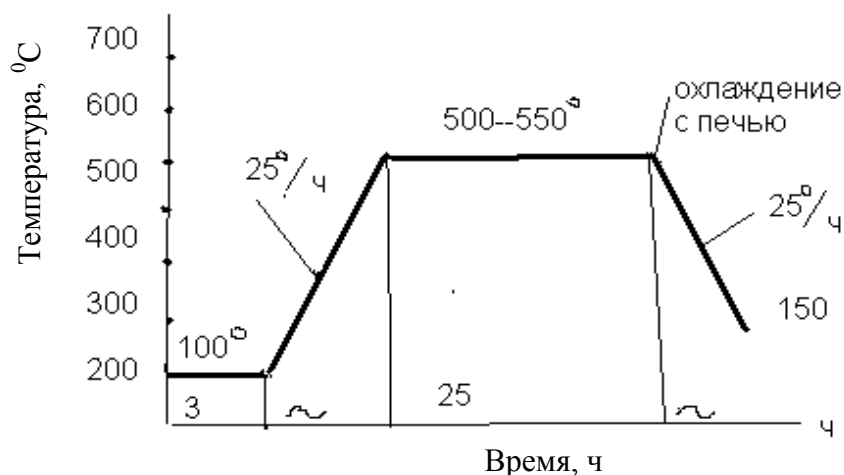


Рис. 2. График термической обработки бандажей

ВЫВОДЫ

1. Работа показала принципиальную возможность изготовления деталей типа бандажей при одновременной сварке двух и более деталей за счет установки их одну на другую. Это позволило снизить время на подготовительные и пусконаладочные операции на 40 %.
2. Полученные экспериментальные данные позволяют рекомендовать производить сборку бандажей с учетом результатов усадки металла шва в процессе сварки аналогичных по конструкции изделий.
3. Предложенная технология обеспечила повышение производительности в результате сокращения цикла изготовления деталей ориентировочно на 30 % и снижение энергоресурсов на 50 % за счет одновременной термообработки деталей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козулин С. М. Методы восстановления бандажей вращающихся печей (Обзор) / С. М. Козулин, И. И. Лычко, М. Г. Козулин – Автомат. сварка. – 2007. – № 10. – С. 40–47.
2. Козулин С. М. Повышение сопротивляемости сварных швов образованию кристаллизационных трещин при ремонте бандажей обжиговых печей электрошлаковой сваркой / С. М. Козулин, И. И. Лычко, М. Г. Козулин – Автоматическая сварка. – 2010. – № 1. – С. 41–43.
3. Семенов В. М. Ресурсосберегающие технологии при производстве сварных заготовок / В. М. Семенов, А. В. Жартовский, В. И. Кабацкий [и др.] – МОН Украины ДДМА, г. Краматорск 2009. – 160 с.
4. Семенов В. М. Изготовление крупных конструкций с применением электрошлаковой сварки / В. М. Семенов – Краматорск : ДГМА, 2012. – 228 с.
5. Семенов В. М. Электрошлаковая сварка обечаек тонкостенных цилиндров проходческих комплексов / В. М. Семенов, В. П. Гулида, Е. М. Моисеев – Сварочное производство. – 1985. – № 10. – С. 26.