



ЭЛЕКТРОШЛАКОВАЯ СВАРКА КОРПУСА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

Ю. Н. ЛАНКИН, д-р техн. наук, А. А. МОСКАЛЕНКО, В. Г. ТЮКАЛОВ, инженеры

(Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины),

Р. И. КУРАН, С. В. ПОПОВ, инженеры (ОАО «Южтеплоэнергомонтаж», г. Киев)

Обоснован выбор способа электрошлаковой сварки для выполнения вертикальных стыков обечаек корпуса доменной печи ДП-5 на Енакиевском металлургическом заводе. Приведены механические свойства металла сварного соединения стали 09Г2С толщиной 40...50 мм, выполненных способом электрошлаковой сварки с дополнительным сопутствующим охлаждением. Описана технологическая схема сборки и сварки с применением монтажного аппарата АД-381.

Ключевые слова: электрошлаковая сварка, корпус доменной печи, сталь 09Г2С, регулирование термического цикла, технология сборки и сварки, сварочный автомат

В 2005 г. на Енакиевском металлургическом заводе выполнены основные работы по укрупнительной сборке и сварке корпуса доменной печи № 5 вместимостью 1513 м³ и годовой производительностью 1,05 млн т в год. Для изготовления сварных конструкций корпуса печи применяли конструкционную низколегированную сталь 09Г2С толщиной 40...50 мм, не склонную к отпускной хрупкости.

Типовым проектом на изготовление предусмотрено горизонтальное расположение листов обечаек корпуса печи со взаимным смещением вертикальных стыков в каждом поясе. При таком расположении листов металла толщиной 40...50 мм вертикальные стыки поясов, объем которых составляет 20 % общей протяженности швов корпуса доменной печи, могут быть выполнены электрошлаковой сваркой.

Для предотвращения отрицательного влияния разупрочнения на конструкционную прочность сварных соединений электрошлаковая сварка стали 09Г2С без последующей высокотемпературной термической обработки возможна только при условии регулирования термических циклов посредством сопутствующего принудительного охлаждения шва и металла ЗТВ при соответствующей скорости сварки [1].

Отработку режимов, производственную аттестацию технологии электрошлаковой сварки и провер-

ку ее соответствия требованиям нормативно-технической документации проводили на контрольных сварных соединениях, выполненных из материалов, применяемых при строительстве домны.

Данные механических испытаний контрольных сварных соединений приведены в таблице. Ударную вязкость металла сварного соединения определяли на образцах с круглым надрезом по Менаже при температуре 20 °С. Согласно требованиям СНиП III-18-75 ее значение должно быть не ниже 60 Дж/см². На расстоянии 2,5 мм от линии сплавления значение ударной вязкости соответствует 158...236, а на расстоянии 5 мм — 193...324 Дж/см².

Исследования макро- и микроструктуры показали отсутствие в сечении сварного соединения неметаллических включений, пор, трещин, непроваров. Структуры основного металла, металла шва и ЗТВ представляют собой ферритно-перлитную смесь с определенным количеством бейнита в металле шва и околошовной зоне.

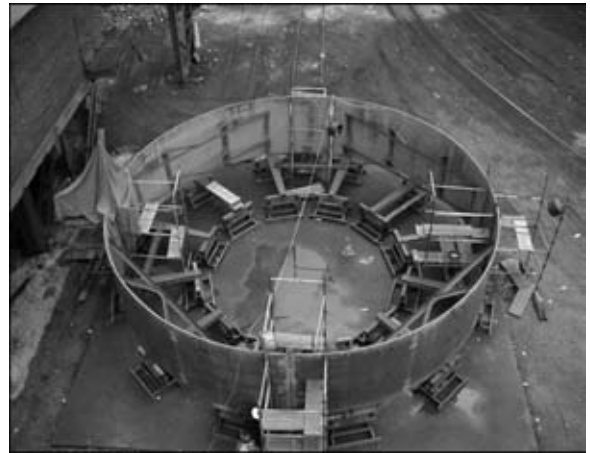
Как показали результаты исследований, свойства сварных соединений, выполненных электрошлаковой сваркой по предложенной технологии, соответствуют требованиям СНиП III-18-75.

Разработку технологии сборки и сварки проводили ИЭС им. Е. О. Патона совместно со специалистами ОАО «Южтеплоэнергомонтаж». Работы по электрошлаковой сварке металлоконструкций домны выполнены Западно-Украинским монтажным управлением ОАО «Южтеплоэнергомонтаж».

Результаты испытания металла сварного соединения на растяжение

| Участок соединения | σ_r , МПа | σ_b , МПа | δ , % | ψ , % | KCU , Дж/см ² |
|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Металл шва | $\frac{423,1...447,8}{433,6}$ | $\frac{568,7...603,7}{584,1}$ | — | $\frac{70,4...71,6}{71,2}$ | $\frac{140...160}{147}$ |
| Основной металл | $\frac{306,5...384,0}{335,9}$ | $\frac{495,3...579,5}{523,4}$ | $\frac{25,3...34,3}{31,1}$ | $\frac{68,2...72,1}{70,6}$ | $\frac{279...325}{303}$ |
| Сварное соединение | — | 479,6 | — | — | — |

Обечайки поясов корпуса печи изготавливали непосредственно на монтажной площадке. К точности геометрических размеров сварных соединений предъявлялись высокие требования, так как именно при выполнении продольных швов обечаек задавался диаметр корпуса печи. Требуемые результаты достигали с помощью метода дозированного противодействия, обеспечивающего нивелирование влияния момента от собственной массы изделия. Сборку листов кожуха доменной печи в монтажные обечайки и электрошлаковую сварку производили на специальном горизонтальном стенде, расположенном на строительной площадке рядом с возводимым корпусом домны (рисунок).



Стенд для сборки и сварки обечаек корпуса доменной печи

Для компенсации деформаций, возникающих при электрошлаковой сварке, вертикальные стыки обечаек собирали с неравномерным зазором, который в верхней части увеличивался. В нижней части стыка зазор составлял 25 мм. Зазор в верхней части зависел от высоты собираемых элементов (например, для высоты обечайки 2614 мм она составила 48 мм). По всей высоте собранного соединения с наружной стороны обечайки устанавливали фиксирующие скобы с шагом 500...600 мм.

Обечайку корпуса печи собирали из четырех секторов, с одной стороны одного из них находится монтажный припуск, значение которого 200 мм. Стык № 2 располагался диаметрально противоположно № 1, а № 4 — диаметрально противоположно стыку № 3. После сборки стыка № 1 с подгонкой неравномерного зазора под сварку в зависимости от высоты обечайки стыки № 2 и 3 собирали с постоянным зазором 25 мм по всей высоте и фиксировали установкой технологических планок. Стык № 4 (с монтажным припуском) собирали и фиксировали внахлестку с обеспечением параллельности кромок.

После выполнения электрошлаковой сварки стыка № 1, сборочному зазору на стыке № 2 требуемое значение придавали путем увеличения его ширины в верхней части обечайки. Скобы, фиксирующие зазор, устанавливали с наружной стороны аналогично первому стыку. Затем после выполнения сварки второго стыка аналогично производили сборку и сварку стыка № 3. Перед сборкой под электрошлаковую сварку стыка № 4 производили замер длины окружности обечайки в верхней и нижней части. Их сравнивали с проектными значениями, после чего определяли обрезаемый припуск.

Работы по электрошлаковой сварке выполняли хорошо зарекомендовавшим себя монтажным сва-

рочным автоматом типа АД-381 [2]. Для сопутствующего охлаждения водной шва и околошовной зоны использовали специальное устройство — спреер [3]. Сварку вели двумя электродными проволоками диаметром 3 мм марки Св-10Г2 с использованием флюса АН-8М на следующих режимах: скорость сварки 4 м/ч; скорость подачи электродной проволоки 280...350 м/ч; сварочное напряжение 40 В.

Визуально-оптический и ультразвуковой методы контроля, проведенные в объеме 100 %, показали, что качество удовлетворяет требованиям СНиП III-18-75.

Суммарная протяженность швов, выполненных электрошлаковой сваркой для соединения корпуса домны, составила 120 м (общая 600 м). При использовании промышленных методов строительства и соответствующем проектировании возможно увеличение объемов применения электрошлаковой сварки до 45...50 %.

Наряду с высокими технологическими свойствами сварных соединений электрошлаковая сварка позволяет значительно сократить сроки строительства конструкций типа корпуса домны из низкоуглеродистых и низколегированных сталей толщиной более 40 мм.

1. *Хакимов А. Н.* Электрошлаковая сварка с регулированием термических циклов. — М.: Машиностроение, 1984. — 208 с.
2. *Ковалев В. Д.* Автомат АД-381 для электрошлаковой сварки с принудительным формированием вертикальных стыков // Сварщик. — 2003. — № 4. — С. 3.
3. *Электрошлаковая сварка напорных водоводов ГЭС из термически упроченной стали 14Х2ГМР / И. И. Сузук-Слюсаренко, В. М. Хрундже, В. В. Волков, А. А. Москаленко // Автомат. сварка. — 1977. — № 6. — С. 68.*

Selection of the electroslag welding process for making vertical butt joints of the shells of DP-5 blast furnace housing in the Enakievo Metallurgical Works is substantiated. Mechanical properties of the metal of welded joint of 09G2S steel 40...50 mm thick made by electroslag welding with additional concurrent cooling, are given. Technological sequence of assembly and welding with application of AD-381 equipment for site welding is described.

Поступила в редакцию 27.03.2006