

УДК 621.791:658.011.54

## 40 ЛЕТ СВАРНОЙ КОНСТРУКЦИИ БАШНИ КИЕВСКОГО ТЕЛЕЦЕНТРА

Л. М. ЛОБАНОВ, Э. Ф. ГАРФ, Л. Н. КОПЫЛОВ, А. Г. СИНЕОК

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

Изложены основные моменты, связанные с выполнением сборочно-сварочных работ при строительстве башни Киевского телецентра. Особое внимание уделено применению автоматической сварки при наращивании стоек башни, поскольку такое решение впервые использовано в практике строительства высотных сооружений.

*Ключевые слова:* башня, сварка, автоматическая сварка, ручная дуговая сварка, трубы, узлы

Исполнилось 40 лет со дня ввода в эксплуатацию башни Киевского телецентра. При строительстве башни использованы новые конструктивные и технологические решения, призванные показать успехи и достижения киевской школы проектирования в области металлостроительства и возможности современных сварочных технологий. Несмотря на жесткое сопротивление предложенному проекту телебашни со стороны Всесоюзного объединения по проектированию строительных металлических конструкций, а также благодаря активной поддержке президента АН Украины Б. Е. Патона и правительства УССР, его удалось отстоять и реализовать.

К основным достоинствам проекта телебашни, которые могут служить примером для подражания и сегодня, о которых нельзя не упомянуть, следует, прежде всего, отнести:

- использование для элементов башни трубчатых сечений, изготовленных из высокопрочной стали;
- применение узловых соединений с непосредственным примыканием элементов друг к другу;
- изготовление цельносварного сооружения с высоким процентом использования автоматической сварки;
- применение монтажа башни способом «подращивания» впервые в отечественной практике для подобных сооружений.

Важным компонентом для успешной реализации этих прогрессивных новшеств являлась сварка. Заметим, что объем сварки при сооружении башни был достаточно высок, поскольку трубы изготавливали из листа и укрупняли с помощью кольцевых стыков. При монтаже все соединения также выполняли с помощью сварки.

При сооружении башни использовали автоматическую сварку в среде углекислого газа и ручную электродугую сварку плавящимся электродом.

**Изготовление труб.** Трубы изготавливали из листа на Ждановском заводе тяжелого машиностроения (ЖЗТМ). Технологический процесс изготовления труб предусматривал такую последовательность операций.

Обработка кромок и снятие фасок под два продольных стыковых шва;

Холодная штамповка заготовок (полутруб) длиной 4000 мм.

Сборка и сварка труб на специально изготовленном стенде. Сварку наружных и внутренних продольных стыковых швов выполняли в соответствии с разработанной ИЭС им. Е. О. Патона и лабораторией ЦНИИТС технологией. При этом использовали специально разработанный малогабаритный трактор ТС-42 для сварки под флюсом внутренних продольных швов. Для автоматической сварки под флюсом применяли сварочную проволоку марки Св-08Н2М в сочетании с флюсом марки 138КФ-1.

Контроль качества сварных соединений.

Термическая обработка труб для снятия внутренних напряжений в трубе, образовавшихся в процессе формовки корыт и сварки продольных швов.

Калибровка концов труб в холодном состоянии, позволяющая без особых затруднений осуществлять их стыковку.

Завершающая операция – снятие фасок под сварку на концах труб.

**Автоматическая сварка кольцевых стыков поясов при монтаже башни.** Принятый при разработке проекта башни способ монтажа «подращиванием» позволил все основные сборочно-сварочные работы по сварке колонн ствола башни выполнять со стационарных монтажных площадок, расположенных на высоте 18 м от поверхности земли, закрепленных на направляющем кондукторе, находящемся внутри ствола башни (рис. 1).



Рис. 1. Откидная монтажная площадка для выполнения автоматической сварки

Это позволило применить автоматическую сварку при наращивании наиболее ответственных элементов башни (8 вертикальных колонн поясных труб диаметром 550 мм с толщиной стенки 18 и 22 мм) и таким образом реализовать все преимущества автоматической сварки как с точки зрения обеспечения качества, так и с позиций трудоемкости.

На начальном этапе выполняли работы по разработке техники и технологии сварки. Основные задачи, решаемые на этом этапе: обеспечение высокого качества сварного шва и прочности сварного соединения не ниже прочности основного металла; получение максимальной производительности сварочного процесса.

Экспериментальные работы по разработке техпроцесса автоматической сварки были выполнены группой сотрудников (руководитель В. С. Кривошея, ведущие инж. Л. Н. Копылов, В. М. Зиль) под руководством лауреата Ленинской премии Б. Я. Дубовецкого и д-ра техн. наук В. Ф. Лебедева. К работе привлекались также научно-исследовательские лаборатории института. Для экспериментальных исследований по разработке техники и технологии сварки горизонтальных швов на вертикальной плоскости была смонтирована лабораторная установка, на которой сваривали натурные образцы труб.

После сварки обечаек контролировали качество сварного шва (ультразвуковая дефектоскопия, гаммаграфирование), затем из сварного соединения вырезали заготовки, изготавливали



Рис. 2. Макрошлиф сварного соединения трубы, выполненного автоматической сваркой в среде углекислого газа

образцы для механических и металлографических исследований. По результатам испытаний проводили корректировку параметров сварочного процесса, которая учитывалась при выполнении последующих экспериментов.

Поясные трубы ствола башни были изготовлены из стали марки ИЗ-138 с повышенными прочностными характеристиками. Эта сталь, выплавленная на Ижорском металлургическом заводе, впервые использовалась в практике строительства объектов башенного типа, поэтому необходимо было выполнить большой объем исследований по ее свариваемости. При проведении экспериментов столкнулись с рядом трудностей. В частности, на начальном этапе исследований, при проведении механических испытаний сварных соединений не удавалось получить положительные результаты при испытании образцов на загиб (требование — 180°). Необходимых результатов удалось достичь после применения простого технологического приема – наплавки четырех-пяти отжигающих валиков на нижней и верхней кромках стыка (рис. 2).

В результате выполненных экспериментальных работ была установлена оптимальная V-образная разделка кромок стыкового соединения трубы с минимальной площадью поперечного сечения сварного шва. Скос нижней кромки равен 11, верхней — 27°. Были определены основные параметры технологического процесса, разработана техника автоматической сварки горизонтальных кольцевых швов на вертикальной плоскости, обеспечивающая получение бездефектных сварных соединений.

Разработанный технологический процесс обеспечивал равнопрочность сварного соединения и основного металла труб.

На основании данных, полученных при разработке техники и технологии сварки, были разработаны Технологическая инструкция по сварке монтажных стыков ствола башни и Техническое задание на проектирование оборудования для автоматической сварки горизонтальных кольцевых стыков.

Разработка конструкции аппарата для сварки монтажных стыков поясных труб ствола башни выполнялась под руководством канд. техн. наук В. Е. Патона. Основными исполнителями проектной документации были Ю. И. Сапрыкин и В. Н. Котов. При разработке конструкции допускалось, что при монтаже ствола башни снимались нагрузки одновременно с двух диаметрально расположенных вертикальных колонн. Таким образом, можно было выполнять сварку одновременно двух стыков. Поэтому, с целью сокращения затрат на переустановку сварочного оборудования и обеспечения максимальной производительности сварочных работ, было принято решение при монтаже башни одновременно использовать два комплекта сварочных автоматов, а для удобства транспортировки аппаратуры при сварке последующих стыков расположить автоматы на транспортной тележке.

Коллективом конструкторов ОКБ ИЭС им. Е. О. Патона была разработана конструкция специализированного сварочного автомата А-1311, состоящего из сварочной головки с направляющим рельсом (рис. 3).

На Опытном заводе сварочного оборудования ИЭС им. Е. О. Патона были изготовлены два комплекта сварочных автоматов А-1311. Оборудование прошло технологические испытания и было передано СМУ-21 Минмонтажспецстроя УССР.

Специалистами ИЭС им. Е. О. Патона было проведено обучение бригады сварщиков монтажной организации, которые за короткий период успешно освоили технику автоматической сварки и приемы работы на сварочных автоматах, были аттестованы и получили допуск на выполнение работ по автоматической сварке монтажных стыков поясных труб башни. Для качественного выполнения автоматической сварки был выполнен ряд организационно-технических мероприятий:

- на строительной площадке оборудован стенд для предварительной контрольной сборки свариваемых труб;

- в зоне монтажных площадок смонтированы дорожки, обеспечивающие возможность транспортировки сварочных автоматов от стыка к стыку;

- оборудованы откидные площадки, которые устанавливались на время сварки монтажного стыка и опускались во время подъема башни;

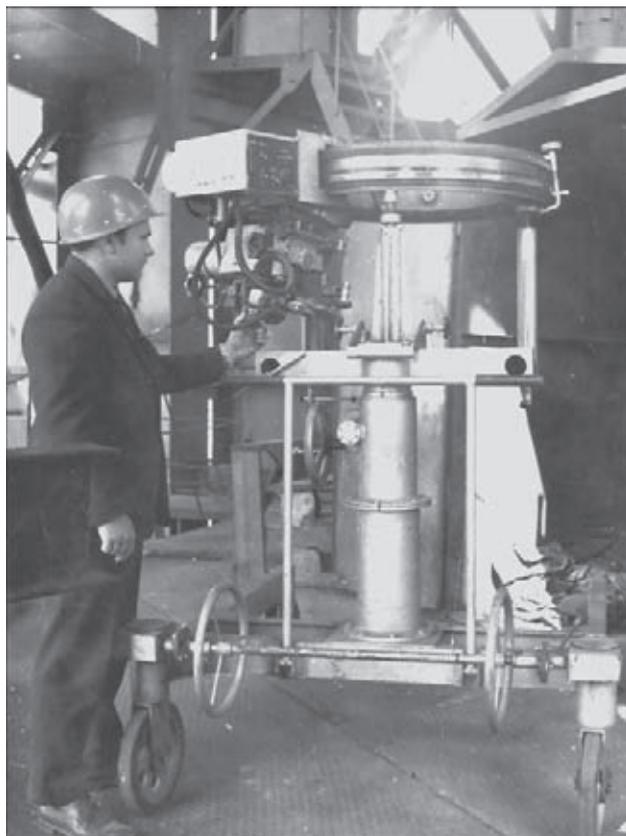


Рис. 3. Сварочный аппарат А-1311 на технологической транспортной тележке

- изготовлены быстросъемные палатки, которые защищали от ветра монтажную площадку во время сварки;

- обеспечены освещением монтажные площадки для сварки.

Работы по монтажу башни, а также автоматическая сварка монтажных стыков поясных труб велись в две смены. Был отработан техпроцесс их сборки и сварки.

На стенд для контрольной сборки труб укладывали две трубы, которые должны были стыковаться друг с другом, подбирали наиболее благоприятное расположение стыкуемых торцов. На торец той трубы, которая будет нижней при сборке монтажного стыка, устанавливали бочкообразное металлическое подкладное кольцо толщиной 4 мм. Затем, со стороны наружной поверхности трубы, кольцо приваривали к корневому участку трубы сплошным швом по всему периметру кольца. На наружной поверхности труб краской нанесли метку, позволяющую при сборке повторить данное положение труб. После разгрузки двух диаметрально расположенных домкратов, обеспечивающих подъем башни, на толкатели домкратов устанавливали нижнюю трубу, при помощи домкратов трубу подводили к нижнему торцу верхней трубы и выставляли технологический зазор в корне.

Для сварки автомат на тележке подвозили к месту сварки, закрепляли на свариваемом стыке, тележку убрали с монтажной площадки и устанавливали защитную палатку.

Монтажный стык собирали с технологическим зазором в корне 3,0...4,0 мм. Многопроходную сварку монтажного стыка выполняли с предварительным подогревом кромок до температуры 180...200 °С. Для подогрева использовали многопламенную газовую бескислородную горелку, которую закрепляли на сварочном аппарате впереди сварочного мундштука. После нагрева начального участка стыка до необходимой температуры включался сварочный процесс. Для сварки применяли электродную проволоку марки Св-10ГСМТ диаметром 1,2 мм. Сварку внутренних проходов шва выполняли на токе 230...250 А при напряжении дуги 23...24 В. Режим облицовочных проходов: ток – 50...180 А, напряжение – 19...21 В. В зависимости от толщины стенки трубы (18, 22 мм) для заполнения разделки необходимо было наплавить 16...20 проходов. Линейная скорость сварки отдельных проходов – 13...15 м/ч. При сварке выполняли периодическую зачистку поверхности шва абразивным инструментом от шлака. После окончания сварки стыка абразивным инструментом выполняли зачистку поверхности сварного соединения – шву придавали бочкообразную форму. Такая обработка повышает эксплуатационные характеристики сварного соединения и дает возможность качественно выполнять ультразвуковой контроль шва. Затем проводили 100%-ный ультразвуковой контроль сварного соединения. При

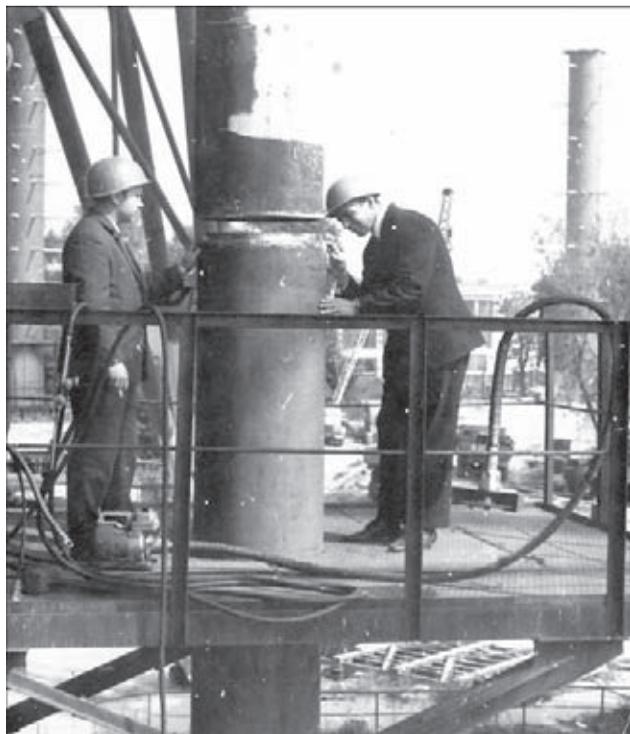


Рис. 4. Контроль качества сборки кольцевого стыка

необходимости для уточнения результатов применяли гаммаграфирование. За весь период строительства не было ни одного случая исправления дефектов шва. Общее время сварки одного стыка с наладкой оборудования, установкой и демонтажем защитной палатки не превышало 2,5 ч, из которого сварка занимало не более 1,5 ч.

На протяжении всего периода строительства башни Киевского телецентра специалисты ИЭС им. Е. О. Патона обеспечивали авторский контроль на всех этапах сборочно-сварочных работ металлоконструкций ствола башни (рис. 4), что способствовало повышению качества сварных соединений.

**Ручная электродуговая сварка.** Значительный объем работ при строительстве башни выполнен ручной электродуговой сваркой плавящимся электродом. Контроль за всеми операциями, связанными с ручной сваркой, осуществляла группа сотрудников ИЭС им. Е. О. Патона, возглавляемая В. А. Ковтуненко.

Способ монтажа «подрачиванием» позволил сварку элементов решетки (сталь 20) со стойками башни выполнять на небольшой высоте – в пределах двух ярусов. Поскольку соединение элементов решетки со стойками осуществлено путем непосредственного примыкания по пространственной кривой, большое внимание уделяли прирезке концов труб элементов решетки (завод им. И. В. Бабушкина). Для этого заводом совместно с ВНИИ «Автомат» и Одесским заводом «Автогенмаш» была изготовлена установка, обеспечившая прирезку концов необходимого качества. Лишь в отдельных случаях при монтаже требовалась подгонка для обеспечения нужных зазоров.

Собранные соединения элементов допускались к сварке после их приемки представителем ИЭС им. Е. О. Патона и инспектором по сварке СМУ-21, с регистрацией в журнале сборочных работ. На соединении наносили маркировку, разрешающую выполнять сварку.

Сварку выполняли низководородными электродами марки 48Н-1, обеспечивающими механические свойства сварного соединения на уровне стали класса С-60. Сварку вели при температуре не ниже –15 °С. Независимо от температуры окружающей среды, при сварке узловых соединений применялся предварительный подогрев до температуры +50...60 °С с целью удаления конденсата. Сварку выполняли ниточными многослойными швами (рис. 5).

Западание между валиками регламентировалось в пределах 1,0...1,2 мм, с плавным переходом от металла шва к основному металлу.

Соединения на участках полного провара контролировали ультразвуковым способом. В от-

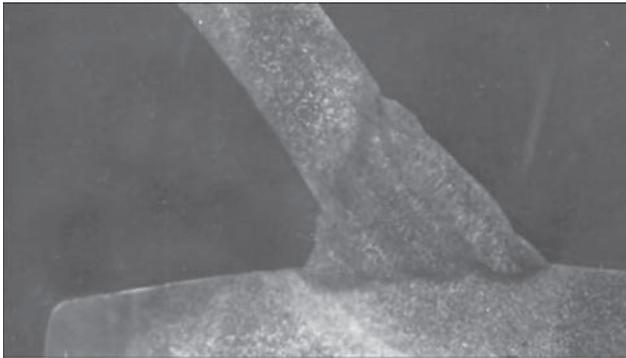


Рис. 5. Макрошлиф соединения, выполненного ручной электродуговой сваркой

дельных местах, требующих углубленной расшифровки результатов контроля, применяли гаммаграфирование. Разработку методик и осуществление контроля выполняли сотрудники ИЭС им. Е. О. Патона.

Ручной электродуговой сваркой выполнено значительное количество стыковых соединений труб в опорной части, стойке решетчатой части антенны «Алтай» и стволе антенны.

Стыковые соединения выполнялись на подкладном кольце с использованием тех же сварочных материалов. В ИЭС им. Е. О. Патона отработывалась технология и техника сварки, оптимальные режимы, обеспечивающие стабильное качество сварных соединений. Все сварщики проходили квалификационный отбор с обязательной

сваркой контрольных образцов. При сварке стыков из стали марки 14ХГН2МД (ИЗ-138) обязательным был предварительный подогрев до температуры 160...200 °. В остальном требования к сварным соединениям были аналогичны принятым для узловых соединений.

Ручной электродуговой сваркой выполняли и другие соединения (каркас здания, связи, площадки).

В заключение хотелось бы отметить, что и по прошествии 40 лет башня Киевского телецентра – образец совершенства инженерной мысли, а также высокого уровня проектирования и технологий, использованных при строительстве.

В создании башни принимало участие большое количество инженеров-проектировщиков, ученых, монтажников, инженеров и рабочих строительных специальностей. Каждый внес свою важную часть в создание уникального сооружения, украшающего Киев и сегодня. По случаю юбилейной даты со дня создания башни хотелось бы особо отметить вклад О. И. Шумицкого и В. И. Новикова, которые приложили огромные усилия для реализации проекта в том виде, в котором он осуществлен, решившихся на новые для того времени и неординарные инженерные решения. И необходимо отметить поддержку новых идей со стороны Б. Е. Патона, без которой реализация проекта в тех условиях была бы нереальна.

Поступила в редакцию 16.07.2013

## МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ»

16-18 июня 2014 г. в Институте электросварки им. Е. О. Патона состоится Международная научно-техническая конференция «Сварочные материалы».

### ОРГАНИЗАТОРЫ:

- ◆ Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины
- ◆ Ассоциация «Электрод» предприятий стран СНГ, Международная ассоциация «Сварка»
- ◆ Общество сварщиков Украины
- ◆ Российское научно-техническое сварочное общество

На конференции предполагается обсудить актуальные вопросы разработки, производства и промышленного применения сварочных и наплавочных материалов, включая покрытые электроды, проволоки порошковые и сплошного сечения, ленты, флюсы, порошки. Планируется издание сборника по итогам работы конференции.

Для участия в работе конференции необходимо до 1 марта 2014 г. прислать заявку на адрес: [office@association-electrode.com](mailto:office@association-electrode.com) или [journal@paton.kiev.ua](mailto:journal@paton.kiev.ua).

**Контакты:** 03680, г. Киев, ул. Горького, 54, Дирекция Ассоциации «Электрод».

Тел.: +38 (044) 200-63-02, +38 (044) 200-82-77, +38 (044) 200-80-62.

Факсы: +38 (044) 287-72-35, +38 (044) 200-82-77.

E-mail: [association-electrode.com](mailto:association-electrode.com); [journal@paton.kiev.ua](mailto:journal@paton.kiev.ua). <http://www.association-electrode.com>