


ДО 40-РІЧЧЯ КИЇВСЬКОЇ ТЕЛЕВЕЖІ

СВАРКА ПРИ ВОЗВЕДЕННІ БАШНИ КИЇВСЬКОГО ТЕЛЕЦЕНТРА

При строительстве башни Киевского телецентра было применено ряд новых конструктивных и технологических решений, которые отражали достижения киевской школы проектирования в области металлостроительства и возможности современных сварочных технологий. Несмотря на жесткое сопротивление со стороны Всесоюзного объединения по проектированию строительных металлических конструкций, предложенный проект телебашни был реализован во многом благодаря активной поддержке президента АН Украины Б.Е. Патона и Правительства УССР.

К основным достоинствам проекта Киевской телебашни с позиций сегодняшнего дня, прежде всего, следует отнести:

- использование для элементов башни трубчатых сечений, изготовленных из высокопрочной стали;
- применение узловых соединений с непосредственным примыканием элементов друг к другу;
- сооружение является цельносварным с высоким процентом использования автоматической сварки;
- применение способа монтажа башни методом подрачивания впервые в отечественной практике.

Успешной реализации этих прогрессивных новшеств способствовало применение сварки, объем которой в сооружении Киевской башни достаточно высок, поскольку трубы изготавливались из листа, укрупнялись с помощью кольцевых стыков. На монтаже все соединения также выполнялись с помощью сварки.

При сооружении башни использовалась автоматическая сварка в среде углекислого газа и ручная электродуговая сварка плавящимся электродом.

Изготовление труб. Трубы изготавливались из листа на Ждановском заводе тяжелого машиностроения (ЖЗТМ). Технологический процесс предусматривал следующую последовательность операций:

- Обработка кромок и снятие фасок под два продольных стыковых шва.



Л.М. Лобанов
академик НАН Украины,
заместитель директора
Института электросварки
им. Е.О. Патона НАН Украины



Э.Ф. Гарф
главный научный сотрудник
Института электросварки
им. Е.О. Патона НАН Украины, д.т.н.



Л.Н. Копылов
руководитель группы НПФ «ВИСП»
Института электросварки
им. Е.О. Патона НАН Украины



А.Г. Синеок
заведующий лабораторией
«Сварка в строительстве»
Института электросварки
им. Е.О. Патона НАН Украины

- Холодная штамповка заготовок (полутруб) длиной 4000 мм.
- Сборка и сварка труб на специально изготовленном стенде. Сварка наружных и внутренних продольных стыковых швов выполнялась в соответствии с разработанной Институтом электросварки и лабораторией ЦНИИТС технологией. При этом использовался специально разработанный малогабаритный трактор ТС-42 для сварки под флюсом внутренних продольных швов. Для автоматической сварки под флюсом применялась сварочная проволока марки Св 08Н2М в сочетании с флюсом марки 138КФ-1.
- Контроль качества сварных соединений.

Для снятия внутренних напряжений в трубе, образовавшихся в процессе формовки корыт и сварки продольных швов, производилась термическая обработка труб.

После этого осуществлялась калибровка концов труб в холодном состоянии, что позволяло без особых затруднений выполнять их стыковку.

Завершающей операцией было снятие фасок под сварку на концах труб.

Автоматическая сварка кольцевых стыков поясов при монтаже башни. Принятый при разработке проекта башни способ монтажа подращиванием дал возможность все основные сборочно-сварочные работы по сварке колонн ствола башни выполнять со стационарных монтажных площадок, расположенных на высоте 18 м от поверхности земли. Монтажные площадки закреплялись к направляющему кондуктору, находящемуся внутри ствола башни (рис. 1).

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.



Рис. 1. Откидная монтажная площадка для выполнения автоматической сварки

На начальном этапе выполнялись работы по разработке техники и технологии сварки. Необходимо было обеспечить высокое качество сварного шва и прочность сварного соединения не ниже прочности основного металла; получить максимально возможную производительность сварочного процесса.

Экспериментальные работы по разработке техпроцесса автоматической сварки выполнялись группой сотрудников (руководитель группы Кривошея В.С., ведущие инженеры Копылов Л.Н. и Зиль В.М.) под руководством лауреата Ленинской премии Дубовецкого В.Я. и д.т.н. Лебедева В.Ф. с привлечением ряда научно-исследовательских лабораторий института. Для проведения экспериментальных исследований по разработке техники и технологии сварки горизонтальных швов на вертикальной плоскости была смонтирована лабораторная установка, на которой сваривались натурные образцы труб.

После сварки обечаек проводился контроль качества сварного шва (ультразвуковая дефектоскопия, гаммаграфирование), затем из сварного соединения вырезали заготовки, изготавливали образцы для механических и металлографических исследований. По результатам испытаний проводилась корректировка параметров сварочного процесса, которая учитывалась в последующих экспериментах.

Поясные трубы ствола башни были изготовлены из стали марки 138 ИЗ с повышенными прочностными характеристиками. Эта сталь, выплавленная Ижорским металлургическим заводом, 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 во время механических испытаний сварных соединений не удавалось получить положительные результаты при испытании образцов на загиб (требование 180°). И только после применения простого технологического приема – наплавки четырех-пяти отжигающих валиков на нижней и верхней кромках стыка – необходимые результаты были получены (рис. 2).

В результате выполненных экспериментальных работ была установлена оптимальная V-образная разделка кромок стыкового соеди-

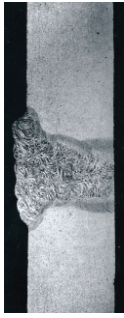


Рис. 2. Макрошлиф сварного соединения трубы, выполненного автоматической сваркой в среде углекислого газа

нения 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 трубы.

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.

Конструкция аппарата для сварки монтажных стыков поясных труб ствола башни разрабатывалась под руководством к.т.н. В.Е. Патона. Основными исполнителями проектной документации были Ю.И. Сапрыкин и В.Н. Котов. При разработке конструкции оборудования учитывалось, что при монтаже ствола башни допускается снятие нагрузки одновременно с двух диаметрально расположенных вертикальных колонн, что позволяет 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, который состоял из сварочной головки с направляющим рельсом. Оборудование располагалось на транспортной тележке (рис. 3).

На опытном заводе сварочного оборудования ИЭС им. Е.О. Патона было изготовлено два комплекта сварочных автоматов А-1311. Оборудование прошло технологические испытания и было передано монтажной организации – СМУ-21 Минмонтажспецстрой УССР.

Специалисты Института электросварки провели обучение бригады сварщиков монтажной организации, которые освоили технику автоматической сварки и приемы работы на сварочных автоматах 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 для транспортировки сварочных автоматов от стыка к стыку;
- оборудованы откидные площадки, которые устанавливались на время сварки монтажного стыка и опускались во время подъема башни;

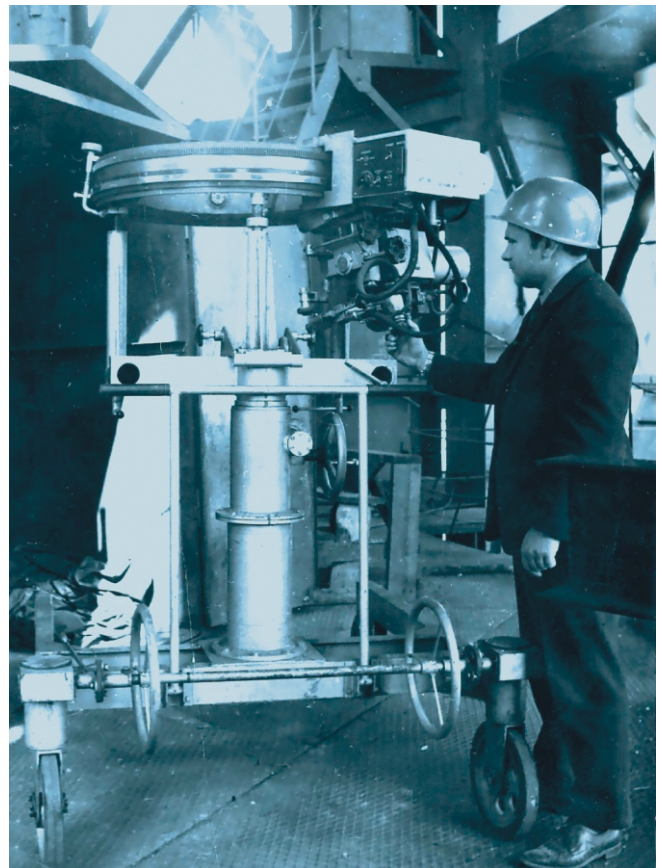


Рис. 3. Сварочный аппарат А-1311, расположенный на технологической транспортной тележке

- изготовлены быстроразъемные палатки, защищающие от ветра монтажную площадку во время сварки;
- освещены монтажные площадки для сварки.

Работы по монтажу башни, а соответственно и автоматическая сварка монтажных стыков поясных труб, велись в две смены.

Был отработан техпроцесс сборки и сварки монтажных стыков поясных труб. На стенд для контрольной сборки труб укладывались две трубы, которые должны стыковаться друг с другом, подбирались наиболее благоприятное расположение стыкуемых торцов. На торец трубы, которая будет нижней при сборке монтажного стыка, устанавливалось бочкообразное металлическое подкладное кольцо толщиной 4 мм, которое со стороны наружной поверхности трубы приваривалось к корневому участку трубы сплошным швом по всему периметру. На наружной поверхности труб краской наносилась метка, которая при сборке на монтаже позволяла повторить данное положение труб.

После разгрузки двух диаметрально расположенных домкратов, обеспечивающих подъем башни, на их толкатели устанавливалась нижняя труба, которая при помощи домкратов подвигалась к нижнему торцу верхней трубы. Технологический зазор в корне выставляли также при помощи домкратов.

Сварочный автомат на тележке подвозился к месту сварки, устанавливался и закреплялся на свариваемом стыке, после чего тележка убиралась с монтажной площадки и устанавливалась защитная палатка.

Монтажный стык собирался с технологическим зазором в корне 3,0–4,0 мм. Многопроходная сварка монтажного стыка выполнялась с предварительным подогревом кромок до температуры 180–200 °С. Для подогрева использовалась многопламенная газовая безкислородная горелка, которая закреплялась на сварочном аппарате впереди сварочного мундштука. После нагрева начального участка стыка до необходимой температуры начинался сварочный процесс. Для сварки применялась электродная проволока марки СВ-10ГСМТ диаметром 1,2 мм. Сварка внутренних проходов шва выполнялась на токе 230–250А, при напряжении на дуге 23–24В. Режим облицовочных проходов

150–180А, напряжение – 19–21В. 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/час. В процессе сварки выполнялась периодическая зачистка поверхности шва абразивным инструментом от шлака. После окончания сварки стыка поверхность сварного соединения зачищалась и шву придавалась бочкообразная форма. Такая обработка повышает эксплуатационные характеристики сварного соединения и даёт возможность качественно выполнять ультразвуковой контроль шва. Затем производился 100 % ультразвуковой контроль сварного соединения. При необходимости для уточнения результатов применяли гаммаграфирование. За весь период строительства не было ни одного случая дефектов шва. Общее время сварки одного стыка с наладкой оборудования, установкой и демонтажем защитной палатки не превышало 2,5 ч, из которых сварка составляла не более 1,5 ч.

На протяжении всего периода строительства башни Киевского телецентра специалисты ИЭС обеспечивали авторский контроль на всех этапах сборочно-сварочных работ металлоконструкций ствола башни (рис. 4).

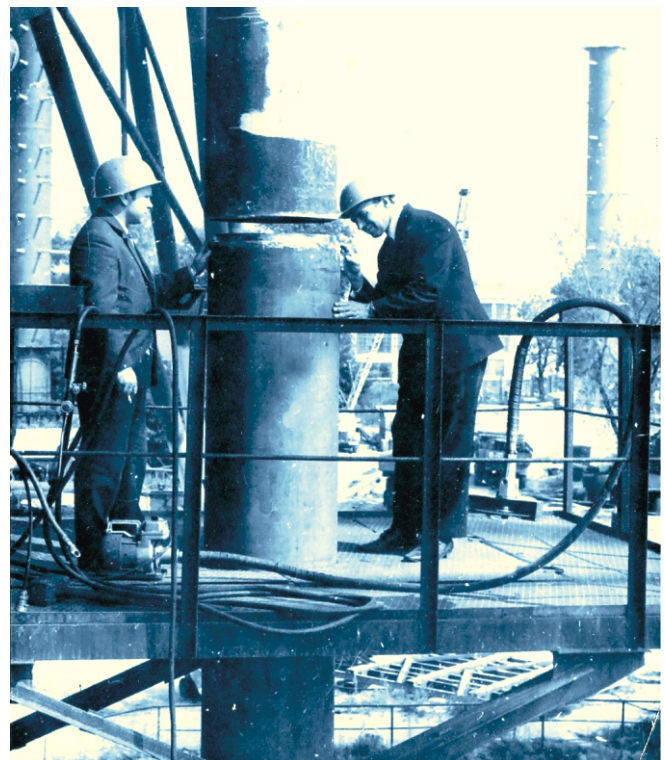


Рис. 4. Контроль качества сборки кольцевого стыка

Ручная электродуговая сварка. Значительный объем работ при строительстве башни выполнялся ручной электродуговой сваркой плавящимся электродом. Контроль за всеми операциями, связанными с ручной сваркой, осуществляла группа сотрудников института, возглавляемая В.А. Ковтуненко.

Метод монтажа подрачиванием позволил сварку элементов решетки, изготовленных из стали марки Ст20, со стойками башни выполнить на небольшой высоте – в пределах двух ярусов. Поскольку элементы решетки со стойками соединялись путем непосредственного примыкания по пространственной кривой, большое внимание уделялось прирезке концов труб элементов решетки, которое выполнялось на заводе им. Бабушкина. Для этого заводом с участием ВНИИАвтомат и Одесского завода «Автогенмаш» была изготовлена установка, обеспечивающая достаточно качественную прирезку концов. В отдельных случаях на монтаже требовалась подгонка для обеспечения требуемых зазоров.

Собранные соединения элементов допускались к сварке после их приемки представителем ИЭС и инспектором по сварке СМУ-21, с регистрацией в журнале сборочных работ. На соединении наносилась маркировка, разрешающая выполнять сварку.

Сварка выполнялась при температуре не ниже $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ низководородными электродами марки 48Н-1, обеспечивающими механические свойства сварного соединения на уровне стали класса С-60. Независимо от температуры окружающей среды, при сварке узловых соединений применялся предварительный подогрев до температуры $+50\text{...}60\text{ }^{\circ}\text{C}$, с целью удаления конденсата. Сварка выполнялась ниточными многослойными швами (рис. 5).

Западание между валиками регламентировалось в пределах $1,0\text{...}1,2\text{ мм}$, с плавным переходом от шва к основному металлу.

Соединения на участках полного провара контролировались ультразвуковым методом. В отдельных местах, требующих углубленной расшифровки результатов контроля, применялось гаммаграфирование.

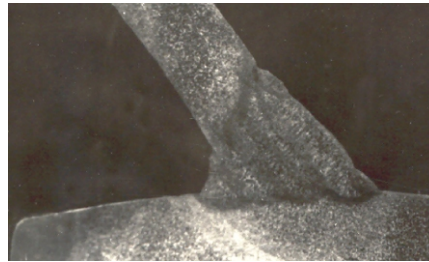


Рис. 5. Макрошлиф соединения, выполненного ручной электродуговой сваркой

Ручной электродуговой сваркой было выполнено значительное количество стыковых соединений труб, в частности: опорные части, стойки решетчатой части антенны «Алтай» и ствол антенны.

Стыковые соединения выполнялись на подкладном кольце с использованием тех же сварочных материалов. В институте отрабатывались 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 (138 И3) выполнялся предварительный подогрев до температуры $160\text{...}200\text{ }^{\circ}\text{C}$. В остальном требования к сварным соединениям были аналогичными принятым для узловых соединений.

Ручной электродуговой сваркой были выполнены также каркас здания, связи, площадки и другие соединения.

К созданию башни причастно большое количество инженеров-проектировщиков, ученых, монтажников, инженеров и рабочих-строителей, каждый из которых внес свою лепту в это уникальное сооружение. Особо хотелось бы отметить вклад О.И. Шумицкого и В.И. Новикова, которые приложили огромные усилия для реализации проекта, принимая новые и неординарные инженерные решения, а также Б.Е. Патона, без поддержки которого в тех условиях проект не мог быть осуществлен.

И в настоящее время башня Киевского телецентра является образцом совершенства инженерной мысли, отражает высокий уровень проектирования и технологий, использованных при ее строительстве.

Надійшла 12.06.2013 р.