

М359504

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ С С С Р

Московский ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени Высшее техническое училище имени Н.Э.Баумана

На правах рукописи

ШАТОВ Александр Павлович

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОЙ
СВАРКИ КОРОТКОЙ ДУГОЙ В УГЛЕКИСЛОМ ГАЗЕ
ТРУБОПРОЗОВ ИЗ ОЦИНКОВАННОЙ СТАЛИ

(Специальность 05.04.05 - Технология и машины
сварочного производства)

Автореферат
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Москва 1980 г.

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ С С С Р

Московский ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени Высшее техническое училище имени Н.Э.Баумана

На правах рукописи

ШАТОВ Александр Павлович

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОЙ
СВАРКИ КОРОТКОЙ ДУГОЙ В УГЛЕКИСЛОМ ГАЗЕ
ТРУБОПРОВОДОВ ИЗ ОЦИНКОВАННОЙ СТАЛИ

(Специальность 05.04.05 - Технологии и машины
сварочного производства)

Автореферат
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

М 359504

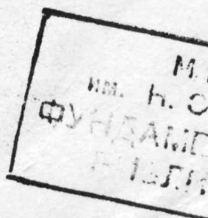
НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана



1359507

Шатов А.П. Исследование ос

Москва 1980 г.



Работа выполнена во Всесоюзном научно-исследовательском институте по монтажным и специальным строительным работам.

Научные руководители: заслуженный деятель науки и техники РСФСР
доктор технических наук,
профессор

Фролов В.В.

кандидат технических наук
Смирнов Б.А.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор

Мазель А.Г.
кандидат технических наук
Болохонцев М.Н.

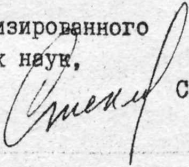
Ведущее предприятие: трест Юговостоксантахмонтаж

Защита состоится " _____ " _____ 1980г. в _____ час. на заседании специализированного Совета Д.053.15.07 по технологии и машинам сварочного производства Московского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени Высшего технического училища им. Н.Э.Баумана по адресу: 107005, Москва, 2-я Бауманская, 5.

Ваши отзывы в 2^х экземплярах, заверенные печатью, просим высылать по указанному адресу. С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ им.Н.Э.Баумана.

Автореферат разослан " _____ " _____ 1980г.

Ученый секретарь специализированного
Совета доктор технических наук,
профессор

 Стеклов О.И.

Актуальность проблемы состоит в том, что в гражданском и промышленном строительстве в системах водоснабжения, парового и водяного отопления все шире находят себе применение оцинкованные трубопроводы, обеспечивающие большую коррозионную стойкость, чем аналогичные неоцинкованные. Существующие способы получения неразъемного соединения сваркой на оцинкованных трубопроводах не обеспечивают ни стабильность процесса при наличии цинковых паров, ни качества сварного соединения. Поэтому вопрос применения прогрессивной технологии сварки плавящимся электродом в углекислом газе с получением гарантированных технологических и эксплуатационных характеристик металла шва сварных соединений на оцинкованных трубах является актуальным.

Цель работы научное обоснование применения прогрессивной технологии полуавтоматической сварки короткой дугой плавящимся электродом в углекислом газе для получения неразъемных соединений на оцинкованных трубопроводах и разработка соответствующих технологических рекомендаций.

Методы исследования, используемые в данной работе, включали теоретический метод определения теплопроводности цинковых паров с применением метода математической теории вероятности, исследование физических характеристик дугового разряда с применением спектроскопического метода, методики определения эффективных значений приэлектродных падений напряжений с последующим разделением их по тепловому балансу; выявление технологических особенностей плавления электродного металла осуществлялось с применением скоростной киносъемки с синхронным осциллографированием по току и напряжению. При изучении проплавления основного металла применялся калориметрический метод, а для исследования структуры и механических свойств сварных соединений использовали стандартные методы испытаний, а также металлографические исследования.

Исследование коррозионной стойкости проводили по стандартной методике. Обработку результатов экспериментов проводили с использованием Э.В.М.

Научная новизна. Показаны особенности существования дугового разряда в условиях повышенной концентрации цинковых паров при сварке оцинкованной стали с различной толщиной цинкового покрытия и установлено:

- средняя температура столба сварочной дуги с ростом толщины цинкового покрытия увеличивается за счет роста эффективного потенциала ионизации;
- значения приэлектродных падений напряжений также возрастают с увеличением толщины цинкового покрытия;
- снижается остаточная проводимость дугового промежутка с ростом толщины цинкового покрытия;
- увеличивается коэффициент теплопроводности цинковых паров с возрастанием толщины цинкового покрытия (температура, концентрация).

На основе анализа физических и технологических особенностей сварки оцинкованной стали плавящимся электродом в углекислом газе установлена область оптимальных значений толщины цинкового покрытия на свариваемых кромках, позволяющая получать стабильный процесс без коренного изменения параметров режима сварки, обеспечивающих получение гарантированных эксплуатационных свойств сварного соединения.

Практическая ценность. Разработаны и обоснованы основные положения технологии полуавтоматической сварки короткой дугой плавящимся электродом в углекислом газе оцинкованных трубопроводов с наружным диаметром от 13,5 до 88,5 мм.

Реализация работ в промышленности. Результаты разработки технологии полуавтоматической сварки плавящимся

электродом в углекислом газе оцинкованных труб апробированы в монтажных подразделениях трестов Центросантехмонтаж, Газпромхиммонтаж.

Объем работы. Работа состоит из четырех глав и содержит 178 страниц, в том числе 25 таблиц, 40 иллюстраций и библиографию 106 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

В первой главе на основе литературного обзора описаны различные методы стабилизации дугового разряда и собственные экспериментальные данные по технологии, в основном, ручной дуговой сварки оцинкованной стали, а также сформулированы цель и задачи исследования.

Показано, что существующие методы стабилизации дугового разряда не обеспечивают требуемого качества сварных соединений монтажных швов на оцинкованных трубах.

Применение сварки оцинкованной стали приводит к усложнению технологии и снижению производительности труда. Низкая температура кипения цинка вызывает его испарение в зоне сварки и нарушение стабильности процесса, а также приводит к повышенному разбрызгиванию и возможному появлению в металле шва таких дефектов как горячие трещины и непровары.

Анализ существующих способов сварки показал, что имеются два основных пути повышения стабильности и качества процесса. Первый путь связан со снижением скорости сварки и применением специальных технологических приемов при ее выполнении. Этот путь возможен при сварке штучными электродами и характеризуется малой производительностью процесса, а качество сварки сильно зависит от квалификации сварщика. В отечественной и зарубежной практике накоплен значительный опыт в этой области. Наиболее известны работы зарубежных исследователей Боакхольта, Руди, Пуэ. Однако для сварки оцинкованной стали более перспективен второй путь, связанный с применением

механизированной сварки плавящимся электродом в углекислом газе. Этот способ обеспечивает высокую стабильность процесса и производительность за счет концентрированного ввода тепла в основной металл. Однако данные по применению этого способа сварки носят в основном, прикладной характер, а иногда и противоречивы.

Настоящая работа посвящена исследованию особенностей механизированной сварки плавящимся электродом в углекислом газе короткой дугой оцинкованной стали (труб) с целью определения максимально возможной толщины цинкового покрытия на свариваемых крошках, позволяющей поддерживать стабильный и качественный процесс сварки без коренного изменения его параметров. Результаты исследований являются базой для разработки прогрессивной технологии сварки.

Для решения этой задачи необходимо:

1. исследовать влияние толщины цинкового покрытия на физические условия горения сварочной дуги и устойчивость процесса,
2. исследовать изменение технологических свойств сварочной дуги при сварке оцинкованной стали,
3. определить эксплуатационные свойства сварных соединений,
4. разработать технологические рекомендации по сварке плавящимся электродом в углекислом газе оцинкованных труб,
5. провести промышленное испытание полуавтоматической сварки плавящимся электродом в углекислом газе оцинкованных труб.

Все исследования выполняли на стали Ст 3 толщиной 4-6 мм. Цинковое покрытие наносилось двумя способами: горячим цинкованием и газопламенной металлизацией. Толщина цинкового покрытия контролировалась двумя методами: весовым и магнитным.

Вторая глава посвящена исследованию влияния толщины цинкового покрытия на физические условия горения дуги и устойчивость процесса при сварке плавящимся электродом в углекислом газе короткой дугой.

Результаты исследования средней температуры столба дуги приведены исходя из каналовой модели дуги. Средняя температура столба дуги определялась спектроскопически, используя метод измерения относительных интенсивностей нескольких спектральных линий железа. Установлено, что с увеличением толщины цинкового покрытия средняя температура столба дуги возрастает, что связано с увеличением эффективного потенциала сварочной дуги за счет роста концентрации цинковых паров в дуговом промежутке (U_c для цинка - 9,35эВ).

Исследование приэлектродных падений напряжений производилось по суммированному падению напряжения и с последующим разделением на анодное и катодное по тепловому балансу. Установлено, что с ростом толщины цинкового покрытия значения приэлектродных падений увеличиваются (рис.1).

Остаточные явления, происходящие в дуговом промежутке после выключения тока и приложения к электродам напряжения холостого хода источника питания, исследовались при сварке оцинкованной стали с различной толщиной цинкового покрытия. Показано, что остаточная проводимость межэлектродного газа при наличии цинковых паров в дуговом промежутке уменьшается в несколько раз по сравнению со сваркой неоцинкованной стали (рис.2). Поэтому применение переменного тока при сварке оцинкованной стали становится практически невозможным.

Коэффициент теплопроводности цинковых паров определялся теоретически на кафедре Инженерной теплофизики МЭИ. В основу расчета положено известное из кинетической теории соотношение:

$$\lambda = 8,3224 \cdot 10^{-2} \sqrt{\frac{T}{M}} \quad (I)$$

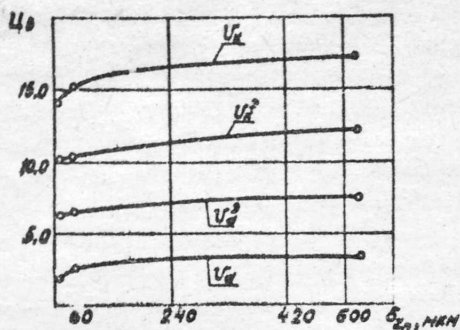


Рис.1. Зависимость фактических и эффективных приэлектродных падений напряжений от толщины цинкового покрытия.

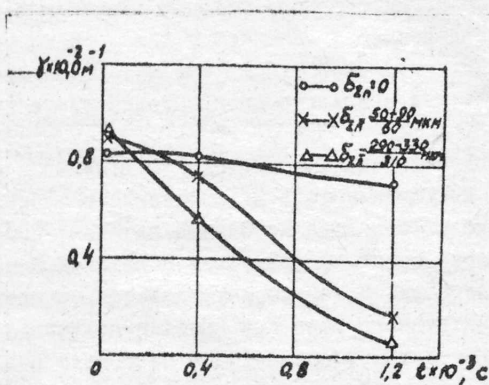


Рис.2. Зависимость остаточной проводимости дугового промежутка от толщины цинкового покрытия и времени.

где

T - температура дуги,
 M - атомная масса,
 $\bar{Q}_{\kappa}^{2,2}$ - усредненное сечение столкновения частиц.

Для расчета по этой формуле необходимо знать потенциальную энергию взаимодействия частиц. Какая-либо информация о потенциале взаимодействия частиц в газовой фазе отсутствует. Поэтому для оценки потенциала взаимодействия частиц в газовой фазе был принят расчет, основанный на так называемой модели δ -функции, содержащей простую аппроксимацию энергии взаимодействия частиц. Установлено, что с ростом температуры коэффициент теплопроводности увеличивается.

Таблица I

$T, ^\circ K$	Усредненное сечение столкновения частиц $\bar{Q}_{\kappa}^{2,2}, A^{o2}$	Коэффициент теплопроводности $\lambda, Bm/M^o K$
2000	12,1	0,119
3000	10,6	0,167
4000	7,8	0,223
5000	5,6	0,275
6000	3,4	0,330

В третьей главе рассматривается изменение технологических свойств в зависимости от толщины цинкового покрытия. Исходя из особенностей сварки короткой дугой (непрерывное изменение тока и напряжения, малая длина дуги, колебание сварочной ванны и т.д.), при анализе стабильности процесса предлагается пользоваться не естественными характеристиками дуги, а характеристиками дугового промежутка, полученными обработкой осциллограмм тока и напряжения в пределах цикла. Установлено, что крутизна характеристик дугового промежутка имеет тенденцию к уменьшению с ростом толщины цинкового покрытия

($K_{\text{дт}} = 0,016 - 0,028 A^{-1}$ при $\delta_{\text{дт}} = 0$ до $K_{\text{дт}} = 0,005 - 0,03 A^{-1}$ при $\delta_{\text{дт}} = \frac{490-570}{550}$ мм). При сварке в большинстве случаев сохраняется сформулированное В.П. Никитиным неравенство дуга-источник питания

$$\left(\frac{\partial U_d}{\partial I} - \frac{\partial U_k}{\partial I} \right) \bar{I}_p > 0$$

С применением скоростной киносъемки с синхронным осциллографированием установлено, что средняя скорость расплавления электрода, время горения дуги в цикле и размер капли растут с увеличением толщины цинкового покрытия. При сварке короткой дугой в углекислом газе плавящимся электродом имеет место интегральное саморегулирование дуги.

Для анализа стабильности процесса сварки необходимо определить перерывы в протекании тока при сварке короткой дугой. Такой анализ проведен, исходя из уравнения, выведенного Н.Г. Дюргеровым

$$\bar{I}(t) = i_1 + i_2 + \bar{I}_3 \quad (2)$$

Таким образом, перерывы в протекании тока возможны, когда ток i_1 недостаточно быстро нарастает, а ток i_2 достаточно быстро убывает и при условии, если ток $\bar{I}_3 < 0$. Анализ сварки оцинкованной стали, проведенный с учетом уравнения (2) показал, что до толщины цинкового покрытия на свариваемых кромках 150–180 мм можно проводить сварку на постоянном режиме, свыше этой величины возможны случаи нарушения стабильности процесса, вызванные перерывами в протекании тока и поэтому требуется проводить корректировку режима.

Скорость расплавления электрода исследовалась с помощью скоростной киносъемки синхронным осциллографированием по току и напряжению. Отмечается увеличение средней скорости плавления электрода и времени горения дуги в цикле с ростом толщины цинкового покрытия.

Исследование проплавления способности сварочной дуги проводили с использованием калориметрического метода. Установлено, что с ростом толщины цинкового по-

крытия эффективность проплавления основного металла уменьшается, что связано с ростом потерь тепла сварочной дуги на испарение цинкового покрытия.

В четвертой главе рассматриваются изменения эксплуатационных свойств сварных соединений при сварке оцинкованной стали. При сварке в углекислом газе плавящимся электродом цинк, нанесенный на поверхность свариваемых кромок может испаряться, окисляться и растворяться в сварочной ванне. Результаты экспериментов показывают, что наличие цинка на свариваемых кромках заметно снижает окисление углерода, марганца, кремния в зоне сварки и соответственно повышает их содержание в металле шва. Это позволяет предположить, что при сварке оцинкованной стали цинк преимущественно испаряется и в виде паров вступает во взаимодействие с углекислым газом и тем самым снижает общий окислительный потенциал защитного газа.

Для определения влияния цинка на склонность металла шва к порообразованию производилась наплавка валиков на пластины, расположенные в нижнем положении и под углом 45° . В металле швов, наплавленных в нижнем положении, пор не обнаружено, а металл швов из оцинкованной стали с $\delta_{\text{ц.ср}} = 200$ мкм, выполненных под углом, содержал поры. Поэтому, вероятно, поры при сварке оцинкованной стали образуются при наличии условий, затрудняющих выделение паров цинка из металла шва, и достаточной его концентрации в сварочной ванне.

Исследование коррозионной стойкости сварных соединений из оцинкованной и неоцинкованной стали проводили по стандартной методике на Т-образных трубных соединениях, установленных в системе водоснабжения. Продолжительность коррозионных испытаний составляла 4,5 года, температура воды $30-40^\circ\text{C}$. Установлено, что коррозионная стойкость сварных соединений оцинкованной стали в 20-25 раз выше, чем аналогичных соединений из неоцинкованной стали.

Показатели по механическим свойствам сварных соединений, полученных на оцинкованной стали находятся на уровне показателей, полученных на аналогичных соединениях из неоцинкованной стали. Так предел хладостойкости образцов, изготовленных из оцинкованной стали, находится на уровне -40°C , показатели по механической прочности составили $37-39 \text{ кг/мм}^2$, предел текучести $25-27 \text{ кг/мм}^2$.

На основании проведенного исследования составлены технологические рекомендации по сварке оцинкованных труб до толщины цинкового покрытия на свариваемых кромках $150-180 \text{ мкм}$; сварку осуществляют проволокой Св08Г2С диаметром 1 мм на режиме: $I = 120-140 \text{ А}$, $U = 20-25 \text{ В}$, свыше $150-180 \text{ мкм}$ переходят на проволоку диаметром $1,2 \text{ мм}$ и корректируют режим сварки: $I = 160-180 \text{ А}$, $U = 26-31 \text{ В}$. Вылет электродной проволоки во всех случаях изменяется от 10 до 15 мм , расход углекислого газа $15-20 \text{ л/мин}$, ток постоянный обратной полярности. Сварку осуществляют в нижнем положении поворотных стыков труб.

Разработанные технология и рекомендации по сварке оцинкованных труб апробированы в подразделениях Минмонтажспецстроя СССР.

ВЫВОДЫ

1. Рассмотрены особенности дугового разряда и определена возможность регулирования его энергетических и технологических параметров при наличии цинкового покрытия на свариваемых кромках.
2. Проведенный анализ изменения физических факторов горения дуги выявил тенденцию к понижению стабильности сварки с ростом толщины цинкового покрытия.
3. Установлена связь физических условий горения сварочной дуги с толщиной цинкового покрытия:
 - средняя температура столба сварочной дуги с ростом толщины цинкового покрытия увеличивается из-за роста эффективного потенциала сварочной дуги,

- значения приэлектродных падений напряжений увеличиваются с ростом толщины цинкового покрытия,
- снижается остаточная проводимость дугового промежутка с возрастанием толщины цинкового покрытия,
- коэффициент теплопроводности цинковых паров с ростом толщины цинкового покрытия увеличивается.

4. Исследовано влияние толщины цинкового покрытия на устойчивость процесса, вызванного перерывами в протекании тока. Показано, что при сварке оцинкованной стали с толщиной цинкового покрытия свыше 150-180 мкм происходит нарушение стабильности процесса.

5. Исследованы технологические свойства сварочной дуги в зависимости от толщины цинкового покрытия:

- средняя скорость плавления электрода увеличивается,
- возрастают потери электродного металла на угар и разбрызгивание,
- проплавление основного металла сварочной дугой понижается.

6. Из анализа изменения физических и технологических факторов сварочной дуги выявлена максимально допустимая толщина цинкового покрытия (150-180 мкм), позволяющая удовлетворительно производить процесс сварки короткой дугой плавящимся электродом в углекислом газе без коренного изменения параметров режима.

7. Проведенное сравнительное исследование эксплуатационных свойств сварных соединений из оцинкованной и неоцинкованной стали выявило:

- при сварке оцинкованной стали снижается общий окислительный потенциал защитного газа,
- вероятность порообразования металла шва при сварке оцинкованной стали при толщине покрытия более

150-180 мкм возрастает,

- коррозионная стойкость в воде сварных соединений из труб оцинкованной стали в 20-25 раз выше аналогичных соединений из неоцинкованной стали,
- механические свойства оцинкованных сварных соединений не ниже аналогичных неоцинкованных соединений.

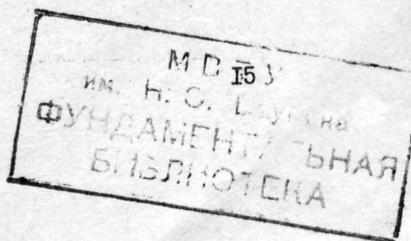
8. На основании проведенного исследования научно обосновано применение полуавтоматической сварки оцинкованных труб, применяемых в системах водоснабжения, парового и водяного отопления.
9. Экономический эффект от внедрения полуавтоматической сварки плавящимся электродом в углекислом газе по сравнению со сваркой штучными электродами МР-3 составит ориентировочно 2400 рублей и значительную экономию в трудозатратах в пересчете на изготовление 540000 стыков оцинкованных труб.

Содержание диссертации отражено в работах:

1. Шатов А.П., Б.А.Смирнов. О свариваемости оцинкованных деталей. "Монтажные и специальные работы в строительстве", 1972, №2.
2. Шатов А.П., Гуревич В.И., Смирнов Б.А., Соколов Ю.В. Исследование проплавляющей способности дуги при сварке стали с цинковым покрытием. - Труды ВНИИМонтажспецстроя. Вып. IX, 1973.
3. Шатов А.П., Смирнов Б.А., Стеклов О.И. Сопоставление коррозионной стойкости сварных соединений оцинкованных и неоцинкованных труб, выполненных ручной дуговой и полуавтоматической сваркой в углекислом газе. "Сварочное производство", 1978, №12.
4. Воронцова Е.И., Мосолов Н.И., Смирнов Б.А., Шатов А.П. Гигиеническая оценка ручной дуговой сварки оцинкован-

ной стали. "Гигиена труда и профессиональные заболевания", 1976, №7.

5. Воронцова Е.И., Мосолов Н.И., Дикун В.Н., Шетов А.П.
Гигиеническая оценка установок для подачи воздуха под маску сварщиков. "Водоснабжение и санитарная техника", 1976, №10.



Л-65400 от 05.03.80г. Объем I п.л. Зак. 282
Тип. МВТУ им. Н.Э.Баумана, тир. 100 экз.