

9 (с 14)  
з. з  
Д - 791



НОВАТОРЫ  
СТРОИТЕЛЬНОЙ  
ИНДУСТРИИ

В.Я.ДУЛЬКИН, А.А.УЛЕСОВ

# ВАННАЯ СВАРКА АРМАТУРЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

Книги, написанные Дважды  
Героем Социалистического Труда  
Улесовым А.А.

9(с14)  
д-48

НОВАТОРЫ СТРОИТЕЛЬСКОЙ ИНДУСТРИИ

В. Я. ДУЛЬКИ

УЛЕСОВ

ВАННАЯ СВАРКА  
АРМАТУРЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

таск № 402.



ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ  
и АРХИТЕКТУРЕ  
Москва—1956



В брошюре изложен опыт Правобережного района Куйбышевгидростроя по применению в монтажных условиях ванной сварки стержней арматурных конструкций гидротехнических сооружений; приведены проведенные на практике основные технологические данные ванного способа; подробно описаны приемы работы, применяемые Героем Социалистического Труда сварщиком А. А. Улесовым; освещаются организация сварочных работ и контроль качества сварки, вопросы прочности сварных соединений, типичные дефекты и причины, вызывающие их, и т. д.

Брошюра рассчитана на сварщиков, бригадиров и может быть использована инженерно-техническими работниками строек.

ОСТАЛЬНЫЕ ВЪДОМСТВА ОПИСАНЫ В СЛЕДУЮЩЕЙ СТРАНИЦѢ

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Коллектив Куйбышевгидростроя успешно внедрил в производство новый прогрессивный, так называемый ванний способ ручной электродуговой сварки арматуры всех встречающихся диаметров. Основы технологии этого способа разработаны инженерами Н. Д. Быковым, В. М. Фишербергом, Е. В. Соколовым (опытно-сварочный завод ЦНИИ МПС) и канд. техн. наук И. С. Дмитриевым (ВНИТО сварщиков) в творческом содружестве с работниками Куйбышевгидростроя.

В брошюре описывается опыт Правобережного арматурно-сварочного района Куйбышевгидростроя, где при монтаже арматуры применялась исключительно ванная сварка стыков горизонтальных стержней. Описывается главным образом вариант ОСЗ (Опытно-сварочного завода ЦНИИ МПС), обладающий наиболее высокими технико-экономическими показателями. Во внедрении описанного способа сварки принимали деятельное участие Герой Социалистического Труда А. А. Щербинин, инженеры В. С. Строев, Ю. В. Лизунов, а также авторы брошюры.

Прогрессивный способ ванной сварки может и далее совершенствоваться по всем показателям. При надлежащем внимании к нему со стороны научно-исследовательских, проектных и строительных организаций он должен в скором времени получить почти неограниченное применение при монтаже арматурных конструкций и вытеснить другие известные в настоящее время способы сварки, имеющие значительно большую трудоемкость и требующие большего расхода электроэнергии и стали.

## В В Е Д Е Н И Е

Грандиозные строительные работы, проводимые в СССР, обусловили значительный прогресс в производстве железобетона и в том числе в изготовлении и монтаже арматуры. Четырнадцать лет назад на Волгострое для армирования бетона впервые были применены сварные конструкции, изготовленные в заводских условиях, благодаря чему выполнение работ было ускорено в 5—7 раз.

При современных масштабах и темпах строительства экономически целесообразное и высококачественное выполнение арматурных работ возможно только при централизованном изготовлении арматурных конструкций, применении поточного метода производства работ и полной механизации транспортных и монтажных операций.

Одним из крупнейших достижений сварочной техники является создание стыковых контактных машин, позволяющих быстро и с незначительными затратами сваривать в одну плеть стальные стержни диаметром до 100 мм включительно. Такую плеть на плаズма-завода разрезают в соответствии с чертежами на стержни-заготовки необходимой длины, что позволяет полностью избавиться от отходов металла. Значительное развитие получила и точечная сварка. На Куйбышевгидрострое эти разновидности машинной контактной сварки (стыковая и точечная) почти полностью вытеснили дуговую сварку при централизованном производстве арматурных конструкций.

Однако сваривать арматуру в процессе монтажа при помощи стационарных машин невозможно и поэтому единственным достаточно экономичным и отвечающим технологическим требованиям способом сварки арматуры в процессе монтажа в настоящее время является ручная электродуговая сварка.

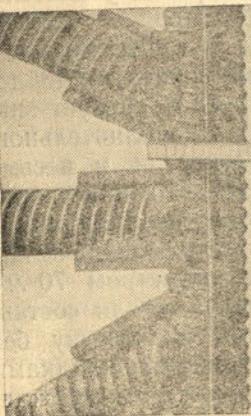


Рис. 3. Узел арматурных конструкций, сваренный ванным способом

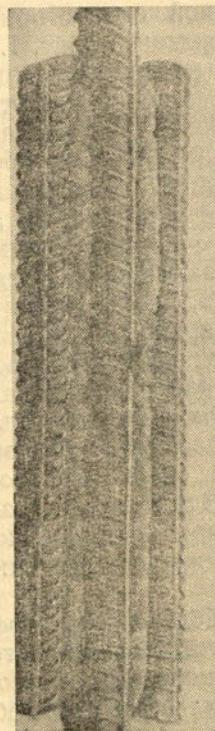


Рис. 1. Сварной стык стержней с накладками

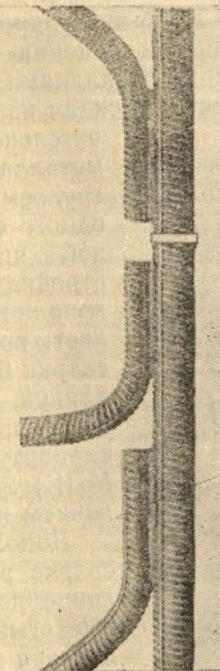


Рис. 4. Узел арматурных конструкций при соединении с «клапками»

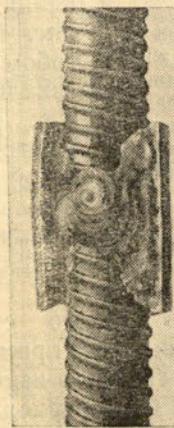


Рис. 2. Горизонтальный стык стержней, сваренный ванным способом

Сварка в условиях монтажа нередко еще является весьма примитивной и дорогой. Несмотря на убедительный опыт Куйбышевгидростроя, Днепростроя и других организаций, соединения внахлестку, с накладками, с уголковыми подкладками и т. п. применяются еще довольно часто. Каждая из этих конструкций требует значительного расхода дополнительного металла и электроэнергии и весьма трудоемка.

Укажем, что при сварке одного стыка наиболее распространенной на крупных гидротехнических стройках арматуры диаметром 70 мм дополнительный расход стали составляет: при соединении внахлестку без сварки 64 кг, при сварке с накладками длиной, равной 10 диаметрам стержня, 31 кг, при сварке ванным способом (по варианту опытно-сварочного завода МПС) 2,8 кг. Сварной стык с применением накладок показан на рис. 1.

Дополнительный металл при ванной сварке расходуется лишь на изготовление небольших форм. Горизонтальный стык, сваренный этим способом, показан на рис. 2. Ванный способ можно применять также для сварки арматурных стержней с пересекающимися осями (рис. 3), заменяя им соединения с «клапками», показанные на рис. 4. Опытная сварка ванным способом стержней, расположенных вертикально (рис. 5), дала обнадеживающие результаты. Экономия металла в этом случае оказалась примерно такой же, как и при сварке горизонтальных стержней. Единственным затруднением, возникающим при внедрении вертикальной ванной сварки, является заметное усложнение подгонки стыков под сварку.

Освоение ванного способа на Куйбышевгидрострое совпало с широким применением нового, эффективного, но еще недостаточно изученного материала арматурной стали марки Ст. 5 периодического профиля. Эта сталь об-

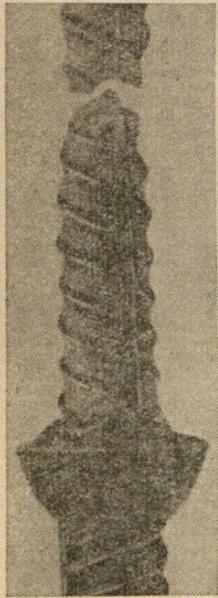


Рис. 5. Вертикальный стык стержней, сваренный ванным способом (разрушение по основному металлу с образованием шейки)

труднением, возникающим при внедрении вертикальной ванной сварки, является заметное усложнение подгонки стыков под сварку.

Освоение ванного способа на Куйбышевгидрострое совпало с широким применением нового, эффективного, но еще недостаточно изученного материала арматурной стали марки Ст. 5 периодического профиля. Эта сталь об-

наружила ряд особенностей, обусловленных ее склонностью к подкальке. При сварке стержней крупных диаметров (40—90 мм) это обстоятельство часто приводит к преждевременному хрупкому разрушению сварных стыков по месту несимметричной подкальки (по зоне теплового влияния).

Приведенные в табл. 1 результаты испытаний на растяжение опытных и контрольных (производственных) стыков стержней из стали марки Ст. 5 периодического профиля, сваренных с накладками, иллюстрируют эту особенность новой стали. Легко видеть, что без применения специальных мер (термообработки и т. п.) этот дефект оказывается серьезным препятствием для получения равнопрочных сварных соединений.

Указанные технологические особенности арматурной стали Ст. 5 проявляются и при сварке ее ванным способом, хотя резко обнаруживают себя только при очень крупных диаметрах стержней. Все дальнейшее изложение сосредоточено на сварке этой новой, повсеместно внедренной или внедряемой стали.

Таблица 1  
Результаты испытаний на растяжение сварных стыков с накладками стержней стали марки Ст. 5 периодического профиля

Расчетный диаметр образца в мм	Количество испытанных образцов	Испытаны напряжением от 42 до 49,95 кг/мм <sup>2</sup>		Разрушились при напряжении > 50 кг/мм <sup>2</sup>		Назначение образцов
		разрушились	не разрушились	разрушились	не разрушились	
40	3	—	—	1	—	Опытные
50	3	—	—	1	—	
60	12	—	—	8	—	
70	8	2	—	3	—	
80	6	1	—	3	—	
90	1	—	—	1	—	
32—40	251	3	4	52	2	Производственные (контрольные)
45—50	91	1	5	36	2	
55—60	50	—	8	17	—	
70	42	3	11	15	—	
80	57	1	9	22	—	
				25	—	
				—	—	

## 1. СУЩНОСТЬ ВАННОГО СПОСОБА СВАРКИ

Технологическая сущность ванного способа сварки арматуры состоит в постепенной заварке пространства между сопряженными стержнями путем создания ванны расплавленного металла, верхняя часть которой в течение всего процесса остается в жидком состоянии. Для формирования шва и предотвращения растекания расплавленного металла применяются формы различной конструкции, охватывающие снизу и с боков свариваемые участки стержней.

Название ванний этот способ получил от образующейся при сварке жидкой ванны металла, а также по известному сходству применяемых форм с обычной ванной.

По физической сущности процессы ванной сварки могут быть аналогичными обычной электродуговой или же ванно-шлаковой сварке, при которых в качестве проводника электрического тока используется расплавленный металл (расплав).

Разработка ванного способа в течение вот уже нескольких лет ведется в двух направлениях. Одно из них заключается в создании на базе сварочного оборудования, широко распространенного на строительстве, технологии высокопроизводительной, экономичной и качественной сварки, применимой в условиях монтажа и изготовления арматурных конструкций при любом взаимном расположении стержней, находящихся как в горизонтальном, так и вертикальном положениях в пространстве (работы опытно-сварочного завода ЦНИИ МПС в содружестве с Куйбышевгидростроем). Второе направление состоит в разработке высокопроизводительных способов соединения арматурных стержней с учетом внедрения автоматической сварки под флюсом, сварки трехфазной дугой и использования мощных сварочных агрегатов для ручной дуговой сварки (работы секции электросварки и электротермии АН СССР, Уральского политехнического института имени Кирова и УЗТМ, Ленинградского института водного транспорта, ЦНИПС и Левобережного управления Куйбышевгидростроя).

К настоящему времени предложено и разрабатывается указанными выше организациями несколько вариантов ванного способа сварки арматуры железобетона, но все

эти варианты еще не вышли из стадии экспериментов и поэтому мы на них не останавливаемся.

Единственным, успешно выдержавшим проверку в условиях монтажа, является пока способ опытно-сварочного завода ЦНИИ МПС (способ ОСЗ).

В общих чертах способ ОСЗ аналогичен электродуговой многослойной сварке; отличие состоит только в том, что при сварке способом ОСЗ расплав значительно дольше находится в жидком состоянии, а процесс сварки ведется форсированно и непрерывно (во избежание зашлаковки торцов и расплава).

Заплавление зазора горизонтального ванного стыка способом ОСЗ происходит следующим образом. В процессе сварки нижние слои расплава затвердевают, а верхние (на глубину до 15 мм) в течение всего процесса остаются в жидком состоянии. Наличие прочной формы и слоя жидкого шлака над расплавом позволяет применять повышенные режимы сварки. Например, при обычной дуговой сварке электродами диаметром 6 мм наибольшая сила тока составляет 320 а, а при ванной сварке — 450 а. Повышение силы тока существенно увеличивает производительность труда сварщика и позволяет на второй стадии процесса использовать дополнительный присадочный пруток.

Относительно высокие режимы при сравнительно небольших размерах стыка и длительности процесса, исчисляемой десятками минут, обусловливают значительную концентрацию тепла, что обеспечивает высокую температуру расплава и быстрое плавление не только электродов, но и торцов стержней на значительную глубину: 3—5 мм в начале процесса и 5—15 мм во второй его половине. Как и при обычной дуговой сварке в результате затвердевания расплава образуется монолитная кристаллическая структура, состоящая из основного и электродного металлов. Благодаря расплавлению торцов свариваемых стержней происходит удаление всевозможных неметаллических пленок с их поверхностей. Процесс длится от 10 до 60 и более минут в зависимости от диаметра стержней, величины зазора между ними, диаметра электродов, режима сварки, температуры окружающего воздуха и т. д. Время пребывания расплавленного металла в жидком состоянии исчисляется тоже несколькими минутами. Все это способствует полному выделению газовых и шлаковых

включений и лучшему формированию шва. Поверхность расплава и стекающие капли металла электрода, как указывалось выше, надежно защищены толстым слоем шлака от соприкосновения с атмосферой.

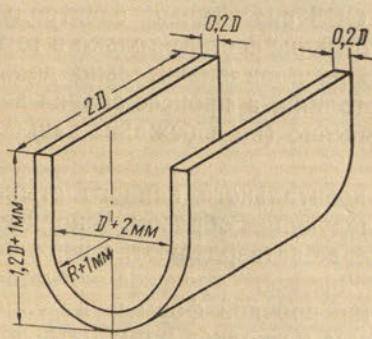


Рис. 6. Форма для горизонтального стыка стержней, свариваемого ванным способом

Для использования этого преимущества способа и повышения интенсивности процесса рекомендуется ванную сварку всегда вести на максимально короткой дуге. Нарушение этого правила приводит к снижению прочности стыка даже при полном проваре и отсутствии шлаковых включений и газовых пузырей.

При сварке горизонтально расположенных стержней применяется стальная форма в виде скобки (рис. 6). Толщина формы должна быть достаточной для того, чтобы при сварке не произошло ее прожигания. Размеры заготовок форм приведены в табл. 2.

Первоначально длина формы, применявшейся только для предотвращения растекания расплава, принималась равной диаметру стержня. В последующем при сварке арматуры диаметром 40 мм возникла необходимость использования формы и в качестве усиливающей накладки с целью повышения прочности стыка до предела прочности основного стержня. В связи с этим длина формы была увеличена до двух диаметров. Наличие фланговых швов (помимо основного стыкового), однако, не делает этот вариант ванного способа комбинированным, поскольку весь процесс от начала до конца ведется на одном неизменном режиме.

Ванная сварка вертикально расположенных стержней по существу не отличается от сварки горизонтальных стержней. Она ведется в разрезной форме (рис. 7), имеющей вид усеченного конуса и изготавливаемой из листовой стали. Диаметр меньшего отверстия конуса принимается равным диаметру нижнего стержня; большее отверстие

должно позволять сварщику полностью проварить стержни. В связи с этим его диаметр должен на 50—60 мм быть больше диаметра меньшего отверстия. Для предотвращения растекания расплава высота конической формы принимается равной 16—40 мм. Рекомендуемые размеры конических форм приведены в табл. 3.

Таблица 2  
Размеры в мм заготовок форм для сварки стыков арматуры ванным способом

Расчетный диаметр свариваемых стержней	Ширина пластины	Длина пластины <sup>1</sup>		Толщина одной пластины	Действительный диаметр арматуры периодического профиля	Радиус пuhanсона	
		для сварки круглых стержней	для сварки стержней периодического профиля			для круглого профиля	для периодического профиля
20	40	60	65	6	22	11	12
30	60	90	95	6	32,5	16	17,3
40	80	115	125	8	43,5	21	22,8
45	90	130	140	9	49	24	25,5
50	100	145	155	10	54	26	28
55	110	160	175	11	60	28	31
60	120	175	190	12	65	31	33,5
65	130	190	205	13	71	33	36,5
70	140	200	220	14	76	36	39
80	160	230	250	15	86,5	41	44,3
90	180	260	280	15	97,5	46	49,8

<sup>1</sup> Допуск по длине  $\pm 2$  мм, по толщине  $\pm 1$  мм.

Таблица 3  
Рекомендуемые размеры в мм форм для ванной сварки стыков вертикальных стержней

Диаметр свариваемых стержней	Толщина стенки	Внутренний нижний диаметр			Высота формы
		при сварке круглых стержней	при сварке стержней периодического профиля	Внутренний верхний диаметр	
20	6	21	23	40	16
30	6	31	33	55	23
40	8	41	45	70	21
50	8	51	55	85	28
60	8	61	66	100	34
70	10	71	77	160	40
80	12	81	88	180	42
90	14	91	99	190	44

Ванная сварка узлов арматурных конструкций (стержней с пересекающимися осями) ничем не отличается от описанного выше процесса сварки горизонтальных стыков. Наиболее целесообразной в данном случае является скобообразная форма (рис. 8). Применение чашеобразных конических форм (рис. 9) себя не оправдало как из-за существенной сложности их изготовления и монтажа, так и невозможности ведения непрерывного процесса сварки.

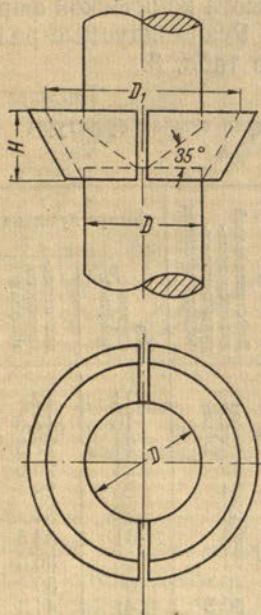


Рис. 7. Стык вертикальных стержней, подготовленный к ванной сварке

ковку, несплавление) именно в нижней части. Следовательно, даже в случае применения одного электрода, позволяющего проникнуть к самым малодоступным местам стыка, избежать дефектов в нижней части (корне) шва нелегко.

Таким образом, ванная сварка одиночным электродом (особенно в первой половине процесса) пока что является наиболее рациональной. Вторую половину процесса можно усовершенствовать как применением присадок, так и многоэлектродной сваркой гребенкой электролов.

Выполнение сварки вручную является известным недостатком способа ОСЗ как вследствие увеличения тру-

доемкости процесса, так и в том отношении, что качество шва в этом случае в значительной степени зависит от способностей сварщика и визуально не может быть проверено. Поэтому разработка автоматических вариантов ванной сварки арматуры при ее монтаже является весьма актуальной задачей.

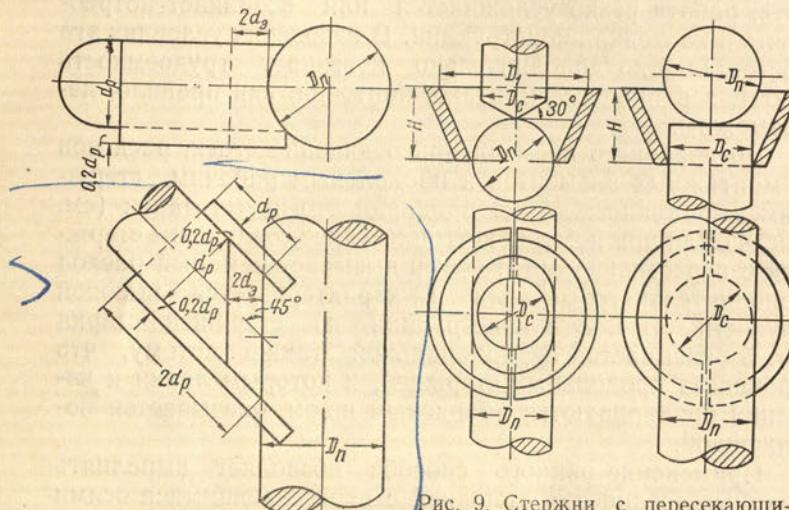


Рис. 8. Стержни с осями, пересекающимися под углом 45°, подготовленные к ванной сварке (слева — привариваемый стержень расположен над основным стержнем, справа — под ним)

## 2. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ СТЫКОВ И УЗЛОВ АРМАТУРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ. ПОДГОТОВКА К СВАРКЕ

Основным монтажным соединением арматуры является стык стержней, расположенных горизонтально или вертикально; наклонного положения стержней в связи с усложнением ванной сварки стараются по возможности избегать.

Выше было отмечено, что сварка стыков стержней на монтажной площадке до недавнего времени выполнялась с применением уголковых или круглых накладок или да-

же внахлестку. Последний способ особенно нерационален из-за повышенного расхода дополнительного металла, недостаточной прочности шва и высокой трудоемкости процесса, так как концы стержней, соединяемых внахлестку, необходимо предварительно согнуть для обеспечения соосности соединения. В случае приварки накладок к стыкам стержней крупных диаметров, расположенных на высоте, работа резко усложняется или возникает потребность в кантовках конструкции. В заводских условиях это обстоятельство дополнительно повышает трудоемкость работ, а в процессе монтажа кантовки, как правило, невозможны.

До недавнего времени присоединение стоек, раскосов и монтажных элементов к продольным рабочим стержням выполнялось путем приварки отогнутых лапок (см. рис. 4) или при помощи косынок. Такое соединение стержней с пересекающимися осями вызывает немалый расход дополнительного металла и характеризуется высокой трудоемкостью. Эта конструкция из стержней марки Ст. 5 оказывается нерациональной также потому, что прочность продольных стержней, к которым лапки и косынки привариваются валиковым швом, оказывается пониженной.

Применение ванного способа позволяет выполнять сварные соединения стержней с пересекающимися осями экономичнее, проще и более высокого качества. Наиболее удачной оказалась конструкция узла с обычной скобообразной формой, аналогичной форме для горизонтального стыка.

Подготовка к ванной сварке является важнейшей и подчас решающей операцией. Она заключается в подготовке рабочего места и подгонке стыков.

Подготовка рабочего места подробно изложена в главе «Организация и контроль качества работ при ванной сварке». Здесь укажем только, что важнейшим условием успешного применения ванной сварки является непрерывное и устойчивое питание током. Перерывы продолжительностью даже в 20—30 сек. затрудняют получение полноценного сварного соединения. Резкие колебания напряжения в сети, вызывающие периодическое гашение дуги и понижение температуры расплава, приводят к зашлаковке части стыка, т. е. к серьезному дефекту сварного соединения. Дефектный стык со значительной частью за-

шлакованного сечения вследствие перерыва в подаче тока показан на рис. 10.

Несоосность стержней может быть не более 0,03 расчетного диаметра стыкуемых стержней (для стержней разных диаметров несоосность определяется по наименьшему стержню). Большая несоосность недопустима как

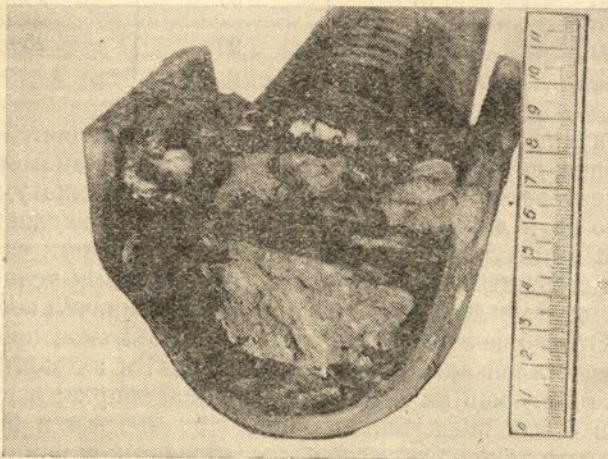


Рис. 10. Горизонтальный стык стержней, сваренный ванным способом; разрушение по наплавленному металлу; зашлаковка вызвана перерывом в подаче тока

вследствие ослабления сечения арматуры, так и из-за возникновения изгибающего момента при растяжении такого стыка.

Величина зазора между торцами стыкуемых стержней должна быть такой, чтобы все точки стыка были доступны для сварки (наилучшие прочностные и экономические показатели имеет стык с наименьшим возможным зазором). Величина зазора ограничивается толщиной электрода и удобством манипулирования им; она приблизительно равна 1,5—2 диаметрам электрода. С увеличением размера стержней увеличивается и величина минимально необходимого зазора. Учитывая, что электроды типа УОНИИ-13/55 диаметром проволоки 5—6—8 мм имеют наружный диаметр соответственно 7,6—9—12 мм, величину зазора при подгонке стержней следует принимать по табл. 4.

Таблица 4

Диаметр стыкуемых стержней в мм	Рекомендуемая величина зазора в мм	Диаметр стыкуемых стержней в мм	Рекомендуемая величина зазора в мм
До 30	12	70	21
40	15	80	23
50	17	—	—
60	18	90	25

Величина зазора, указанная в таблице, является минимальной для электродов рекомендуемых диаметров. Для электродов меньших диаметров зазор можно уменьшать до двух диаметров электрода при сварке тяжелой и средней арматуры и до полутора диаметров при сварке мелких стержней. Нередко в производственных условиях зазоры оказываются значительно большими, чем необходимо. Это объясняется несоблюдением допусков при заготовке деталей арматурных конструкций и их монтажа, а также допусков на зазоры при ванной сварке; нередко зазор в стыке оказывается равным 50—70 мм и более. Заплавлять такие зазоры нецелесообразно как виду высокой стоимости работы (3—4-кратный расход электродов, электроэнергии, труда и времени), так и потому, что прочность таких стыков оказывается ниже нормальной. Указанные в табл. 5 рациональные режимы сварки для стыков с увеличенными зазорами оказываются низкими. Соблюдение рекомендуемых зазоров является необходимым условием экономичной и качественной подготовки стыков под сварку; поэтому допуски зазоров при монтаже арматуры не должны превышать 5—10 мм.

Подрезы основных стержней сварочной дугой в процессе прихватки формы являются типичным дефектом сварных соединений стали марки Ст. 5. Чувствительность стали к подрезу повышается с понижением ее пластичности. К этому фактору добавляется неизбежная местная подкалка близлежащего к надрезу основного металла. Во избежание подрезов прихватку форм к стыкуемым стержням следует выполнять током минимальной силы (150—200 а), поручая эту работу сварщику не ниже 5 разряда. Учитывая временное назначение прихваток, следует ограничиваться минимальными размерами

точечной наплавки, дугу при этом следует направлять в сторону формы. В противоположность стали марки Ст. 5, у стали марки Ст. 3 подрезы не вызывают столь резкой потери прочности.

Угол (перелом оси) в сварном стыке арматуры нежелателен в связи с тем, что он снижает прочность соединения. Однако в производственных условиях добиться абсолютной параллельности осей стыкуемых стержней невозможно. Испытания показали, что угол 2—3° не дает заметной потери прочности. Поэтому стыкуемые под ванную сварку стержни не должны иметь излома более чем 3°.

Из-за невозможности хорошей очистки и неизбежного появления глубоких неровностей торцы стыкуемых стержней недопустимо обрезать электрической дугой. Ванная сварка таких стержней обязательно сопровождается зашлаковкой и непроваром зон сплавления. В процессе монтажа допустим лишь один способ обрезки торцов — кислородно-ацетиленовым или бензиновым резаком.

Окалину, шлак, ржавчину и другие загрязнения следует тщательно удалять с торцов, а также с поверхностей концов стержней и форм металлической щеткой. Известно, что ржавчина заметно понижает прочность сварных соединений. Кроме того, при сварке электродами УОННИ окисленных поверхностей, а также при удлинении сварочной дуги повышается склонность к образованию пористых швов. Всякие другие загрязнения (землей, бетоном и т. п.) способствуют зашлаковке соединения и уменьшают тем самым полезное сечение стыка; кроме того, шлаковые включения, особенно поверхностные, действуют как надрезы.

В том случае, когда применена форма большего размера, боковые зазоры между стержнями и внутренней поверхностью формы получаются увеличенными. Этого следует избегать, чтобы не расходовать лишнего металла, а самое главное, чтобы предотвратить затекание жидкого расплава в зазоры. Кроме того, в формах больших размеров трудно обеспечить соосность стержней и, следовательно, необходимую прочность стыка. Величина боковых зазоров должна быть не более 2—3 мм.

Поскольку форма играет роль накладки, при ее подгонке необходимо следить за тем, чтобы она не смешалась относительно межторцовочного зазора. Точность уста-



новки формы в продольном направлении следует выдерживать в пределах 5 мм.

Подгонка стыков, выполнененная с соблюдением перечисленных требований, позволит выполнить сварку с надлежащим качеством; при нарушении же любого из них получить доброкачественный сварной стык очень трудно. Горизонтальный стык, подготовленный под ванную сварку, показан на рис. 11.

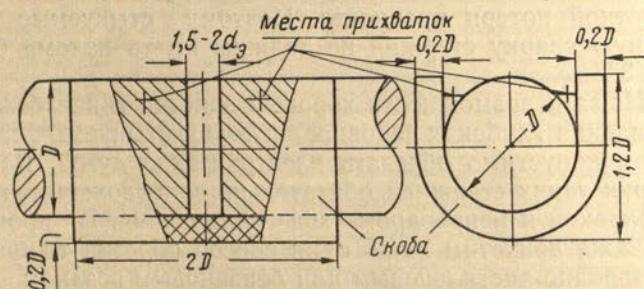


Рис. 11. Горизонтальный стык стержней, подготовленных к ванной сварке

При подгонке узлов арматурных конструкций надлежит руководствоваться этими же указаниями, хотя некоторые из них упрощаются или исключаются вовсе (перелом оси, продольное смещение форм).

Более сложной и трудоемкой операцией является подгонка под ванную сварку стыков вертикальных стержней. Основная причина усложнения подгонки заключается в отклонениях шага и длины стержней от проектных размеров и спакетированных стержней от плоскости, возникающих вследствие неточности изготовления арматурных конструкций, деформаций концов пакетов при транспортировке и монтаже и неточности монтажа.

Общий вид подготовленного к ванной сварке вертикального стыка показан на рис. 7. Коническая форма состоит из двух половинок, свариваемых между собой после установки на стык. Конец верхнего стержня скашивают газовым резаком с двух сторон под углом примерно  $35^\circ$ , оставляя притупление шириной 5–10 мм.

### 3. СВАРКА

Величина сварочного тока и диаметры электродов, применение которых позволяет достигнуть лучших показателей сварки при достаточно высокой производительности труда, приведены в табл. 5.

Таблица 5

Режимы ванной сварки стержней

Диаметр свариваемых стержней в мм	Диаметр электродов в мм	Сварочный ток в а	
		при положительной температуре	при отрицательной температуре
20	5	250	270
30	5	275	300
40	6 (5)	300 (275)	330 (300)
50	6 (5)	330 (300)	350 (330)
60	7 (6)	420 (400)	450 (430)
70	8 (6)	500 (450)	540 (470)
80	8 (6)	500 (450)	550 (470)
90	8 (6)	500 (450)	550 (470)

Примечание. В скобках указаны допускаемые диаметры электродов и максимальные для этих электродов величины тока. Эти электроды, однако, следует применять в виде исключения, так как они снижают производительность труда сварщика.

Работа на более высоких режимах одиночным электродом вызывает бурное кипение расплава и снижение прочности стыка.

Последнее объясняется тем, что в процессе кипения в наплавляемый металл проникают азот и кислород, и, кроме того, повышение температуры стыка обусловливает замедленное его охлаждение и, как следствие, более крупнозернистую и менее прочную структуру. Бурное кипение ванны усложняет и затрудняет работу сварщика.

Приступая к работе, сварщик должен помнить, что наиболее распространенными дефектами ванного стыка являются непровар зон сплавления и зашлаковка низа (корня) шва (рис. 12). Оба эти дефекта обусловливаются недостатком тепла, усиленно отводимого массой стержней.

По этой же причине при ванной сварке нельзя допускать перерывов процесса продолжительностью более

20—30 сек. Смена электродов должна производиться в минимально короткие сроки. Непрерывность ванного процесса — совершенно необходимое условие высококачественной сварки. Зашлаковка низа торцов неизбежна при недостаточном форсировании процесса и медленном перемещении электрода.

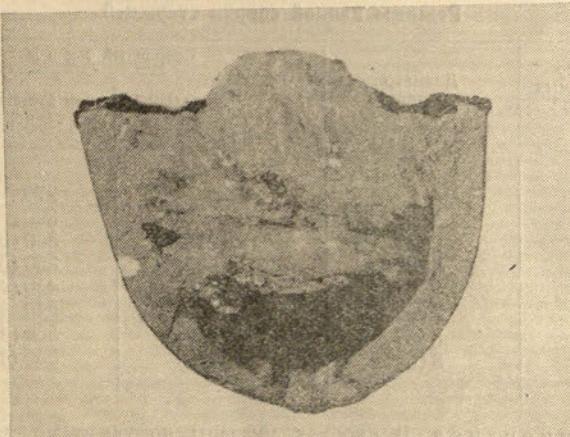


Рис. 12. Горизонтальный стык стержней, сваренный ванным способом; разрушение по наплавленному металлу; корень шва зашлакован

Сварку следует начинать при максимальной рекомендуемой силе тока. Во избежание перерывов, которые в начальной стадии процесса совершенно недопустимы, приступать к работе можно только, имея в держателе целый электрод.

Опустив электрод в зазор, сварщик зажигает дугу и перемещает электрод, тщательно проплавляя кромки торцов обоих стержней. В этой стадии процесса необходимо особенно внимательно следить за расплавом, температура которого по всему зеркалу жидкой ванны должна быть достаточно высокой и равномерной. Для этого следует быстро перемещать дугу вдоль нижних кромок стержней (см. схему на рис. 13), так как длительный отвод ее от какого-нибудь участка расплава вызывает его быстрое остывание. Последующим прогревом расплавить шлак, застывший вместе с металлом, уже не удается. В связи с

этим, особенно в начале процесса, сварщик должен внимательно следить за состоянием расплава, не допуская резкого остывания какого-либо участка его поверхности.

В начале сварку надо вести только на предельно короткой дуге (опирианием). После образования жидкой ванны дуга также должна иметь минимальную длину (1—2 мм). Благодаря этому удается полностью избавиться от зашлаковки.

Обеспечив хороший провар низа шва, следует сразу же начать расплавление торцов стержней на глубину 3—5 мм. Более глубокого проплавления делать не рекомендуется, так как при этом увеличивается доля основного металла в составе сварного шва, что снижает прочность соединения. Кроме того, нецелесообразно увеличивается расход энергии на сварку стыка. Но, заботясь о хорошем проваре торцов,

следует обеспечивать достаточно высокую и равномерную температуру по всему зеркалу ванны. Пренебрежение этим указанием приводит, как правило, к некоторой зашлаковке центральной части стыка. Для поддержания достаточной температуры всей поверхности жидкой ванны следует, тщательно проваривая торцы, делать время от времени зигзагообразные поперечные движения электродом, как при сварке рассеянным швом (рис. 14); такие движения особенно необходимы при увеличенных (в пределах допуска) зазорах между торцами стержней. Как часто следует делать поперечные движения, сварщик определяет в каждом отдельном случае, исходя из необходимости поддерживать верхние слои расплава в жидком состоянии. Если зазор между торцами имеет минимально допустимую величину, то его удается полностью заплавить, перемещая электрод по схеме, изображенной на рис. 13.

Средняя часть шва нагревается за счет теплопроводности расплава и отраженного тепла дуги, которая пере-

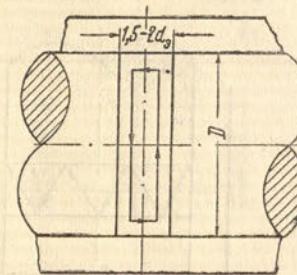


Рис. 13. Схема движения электрода в начальной стадии ванного процесса ( $d_e$  — диаметр электрода)

мешается вдоль зазора в непосредственной близости от торцов.

Во второй половине процесса на поверхности жидкого металла появляется избыток шлака. Большая толщина шлакового слоя (10 мм и более) затрудняет контроль за длиной дуги и ходом процесса. Для удаления лишнего шлака рекомендуется в форме на уровне, превышающем

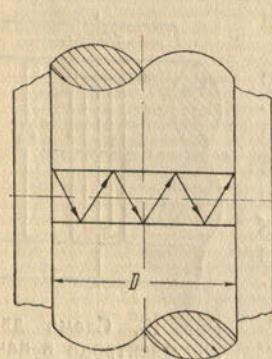


Рис. 14. Схема зигзагообразного движения электрода, периодически применяемого для поддержания достаточной температуры на всей поверхности жидкой ванны

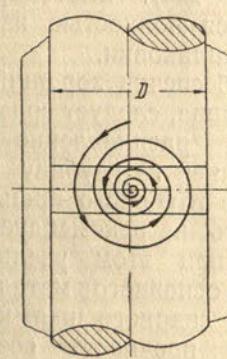


Рис. 15. Схема движения электрода на заключительной стадии заварки зазора горизонтального стыка

на 4—6 мм уровень жидкого металла, прокачь небольшое отверстие, которое впоследствии легко заваривается.

После заплавления зазора сварку стыка заканчивают наплавкой над контуром состыкованных стержней усиления высотой 3—4 мм. Это делается для выведения шлака и устранения возможной усадочной рыхлости на рабочем сечении сварного шва. Кратер при этом заплавляется. Электрод на этой стадии сварки следует перемещать по схеме, изображенной на рис. 15, периодически прерывая дугу с целью устранения кипения металла и шлака.

После заплавления межторцового зазора и кратера над усилением выполняется проварка фланговых швов (предварительно необходимо очистить от шлака боковые углубления — пазухи между стержнями и формой). Длина фланговых швов равна длине формы. Катет (высота)

шва определяется из условия, чтобы его прочность на срез была равна прочности формы, работающей в стыке на растяжение (табл. 6).

Таблица 6  
Минимальные размеры катетов фланговых швов

Диаметр свариваемых стержней в мм	Катет (высота) шва в мм	Диаметр свариваемых стержней в мм	Катет (высота) шва в мм
20	7	60	21
30	11	65	23
40	14	70	25
45	16	80	28
50	18	90	32
55	20		

Сечения сваренного горизонтального стыка показаны на рис. 16.

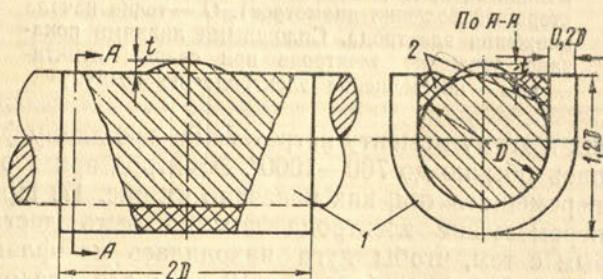


Рис. 16. Продольное и поперечное сечения горизонтального стыка, сваренного ванным способом (усиление  $t = 3-4$  мм)  
1—скоба-форма; 2—фланговые швы

У стержней средних и крупных диаметров при положительной температуре окружающего воздуха в условиях бесперебойного снабжения сварщика электроэнергией хорошо удается проваривать фланговые швы одновременно с заплавлением зазора стыка. Такой прием ускоряет работу и избавляет рабочего от необходимости очищать стыковые пазухи от шлака. В этом случае сварка ведется

следующим образом. Несколько больше половины зазора (60—65%) заплавляется обычным способом, когда же поверхность жидкого шлака поднимается до уровня продольных боковых пазух, форму (при условии, если температура расплава достаточно высокая) приваривают к стержням одновременно с выполнением основного шва. Осуществлению сварки в такой последовательности способствует высокая температура концов стержней, успе-

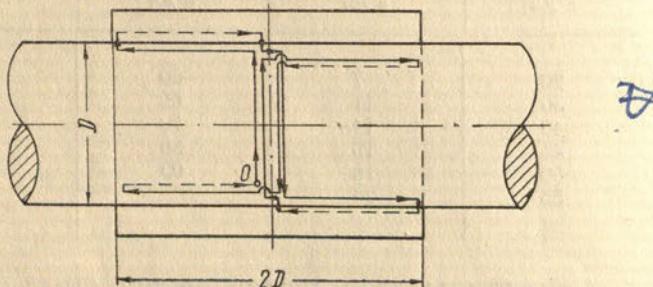


Рис. 17. Схема движения электрода при одновременной заварке фланговых швов истыка (сварка стержней больших диаметров).  $O$  — точка начала движения электрода. Сплошными линиями показано движение электрода при сварке; пунктиром — перемещение электрода по воздуху

вающих к этому моменту нагреться на всю длину фланговых швов обычно до 700—1000°. Электрод при этом следует перемещать так, как показано на рис. 17. Продольное перемещение электрода должно быть достаточно быстрым с тем, чтобы дуга находилась на фланговом шве каждый раз не более 5—10 сек.; это предохранит жидкий расплав основного шва от остывания. Перемещение электрода по схеме, показанной на рис. 17, следует делать 4—5 раз за весь процесс. Заканчивают ванную сварку обычным способом. Последней, заключительной, операцией является очистка соединения от шлака и постановка личного клейма сварщика.

При хорошем электроснабжении и некотором опыте описанным приемом удается одновременно выполнять сварку основного и фланговых швов устыков стержней диаметром до 70 мм включительно. При сварке стержней малых и средних диаметров (до 60 мм) в случае избытка тепла в ванне удается одновременно заварить основной и

фланговые швы при перемещении электрода по схеме, приведенной на рис. 18. При низкой температуре воздуха, слабом напряжении на дуге, сильном ветре, а также при сварке стержней очень крупных диаметров (80—90 мм) проварку фланговых швов рекомендуется делать после заварки основного шва.

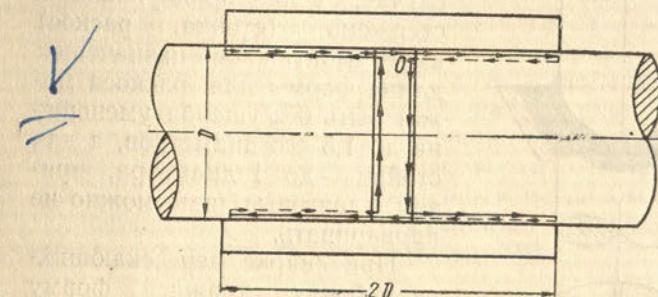


Рис. 18. Схема движения электрода при одновременной заварке фланговых швов истыка (сварка стержней малых и средних диаметров).  $O$  — точка начала движения электрода. Сплошными линиями показано движение электрода при сварке; пунктиром — перемещение электрода по воздуху

Одновременная сварка основного и фланговых швов стыка электродами больших диаметров (7—8 мм) выполняется без затруднений.

В случае перерыва в подаче электроэнергии недоваренный стык считается дефектным. Доварка такого стыка может быть произведена с предварительным подогревом его верхних слоев (до 1000—1300°) пламенем одной или двух горелок. Подогрев должна предшествовать тщательная очистка поверхности застывшего расплава и торцов стержней от шлака, гари и других загрязнений. Доварку стыков следует поручать наиболее опытным сварщикам. Если предварительный подогрев выполнить невозможно, недоваренный стык вырезают из конструкции и взамен него сваривают два стыка (с применением вставки длиной в 1 м) или ставят накладки. Вопрос о выборе способа в этом случае решает производитель работ. По соображениям экономии металла и средств предпочтительнее выполнить два стыка ванным способом, чем один стык с накладками.

Сварка ванным способом узловых соединений в случае применения скобообразных форм выполняется подобным же образом. Если форма не приваривается, а лишь прихватывается к поперечному стержню (поясу), ее роль заключается только в удержании расплава. Это допустимо в том случае, если привариваемый стержень (стойка, раскос) имеет монтажное назначение; длина формы для раскоса может быть без ущерба уменьшена до 1,5 его диаметров, а для стойки — до 1 диаметра, причем фланговые швы можно не проваривать.

При сварке пересекающих-ся рабочих стержней форму приваривают к поперечному стержню валиковым швом по наружной линии сопряжения.

В этом случае фланговые швы необходимы, так как форма используется как усиление узла; приварку формы целесообразнее выполнять после заварки основного шва.

Эту операцию в случае затруднительности кантовки конструкции можно выполнять вертикальным и потолочным швом. Узловые соединения, выполненные описанным способом, обладают удовлетворительной прочностью.

Сварка стыков вертикально расположенных стержней не была достаточно широко проверена в производственных условиях и поэтому может рассматриваться лишь как первый опыт. Сварка начинается накладыванием кольцевых валиков по внутренней линии сопряжения формы и нижнего стержня. Полукольцевые движения электродом производятся таким образом, чтобы хорошо проварить весь торец нижнего стержня и создать общую жидкую ванну. Режимы сварки, применяемые при этом,

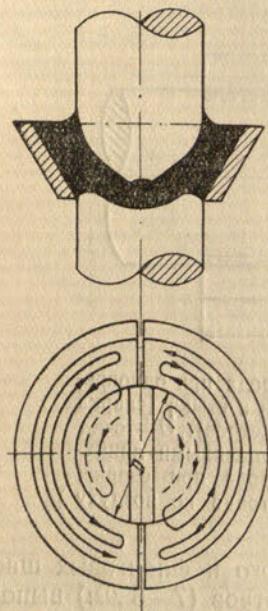


Рис. 19. Продольное сечение вертикального стыка, выполненного ванной сваркой; внизу показана примерная схема полукольцевого движения электрода

примерно такие, как при ванной сварке горизонтальных стержней. Полный провар торцов является главным условием хорошей сварки. В дальнейшем электрод следует держать так, чтобы дуга была направлена в корень разделки верхнего стержня.

Чтобы переход от стыка к верхнему стержню был плавным, необходимо после заполнения всего пространства формы расплавленным металлом сделать в месте сопряжения наплавленного металла с верхним стержнем кольцевую наплавку в виде галтели; наплавка-галтель снижает концентрацию местных напряжений в переходном сечении стержня. Одновременно таким образом заплавляются возможные подрезы верхнего стержня в месте его сопряжения с наплавленным металлом.

Продольное сечение вертикального стыка, сваренного ванным способом, показано на рис. 19.

#### 4. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ВАННОЙ СВАРКИ

Особенности работ по изготовлению и монтажу арматурных конструкций в условиях крупного гидротехнического строительства обусловливают необходимость их совершенной организации и четкой специализации.

Известно, что монтаж небольших объектов нередко производится силами комплексных сварочно-монтажных бригад, в состав которых входят монтажники, сварщики, строповщики и подсобные рабочие, причем почти каждый рабочий такой бригады овладевает двумя-тремя специальностями, в том числе и специальностью сварщика. Пока арматурные работы на Куйбышевгидрострое были сравнительно простыми, а сварка применялась преимущественно на монтаже, указанные бригады работали успешно.

В 1953 г. этот опыт был перенесен на монтаж основных сооружений гидроузла. Новизна ванного способа и применяемой арматурной стали заметно усложнили сварочные работы, и вскоре выяснилось, что комплексные сварочно-монтажные бригады не обеспечивают ни сроков выполнения сварки, ни ее качества. Наблюдениями было установлено, что на качество сварки отрицательно влияет то обстоятельство, что сварщик в ком-

плексной бригаде в течение смены вынужден выполнять весьма разнообразные работы. Все это говорило о необходимости организации специализированных бригад по ванной сварке.

Специализация освобождает сварщика не только от выполнения работ чуждого ему профиля, но и от большинства таких вспомогательных операций, как подгонка стыков, установка и переноска сварочных аппаратов и т. п. Первой специализированной бригадой сварщиков была бригада автора брошюры Героя Социалистического Труда А. А. Улесова.

Бригада была укомплектована наиболее квалифицированными рабочими, однако с течением времени она пополнялась молодыми сварщиками, которые быстро овладевали новым способом сварки и его технологическими особенностями. Опыт Куйбышевгидростроя показал, что сварщики 5-го, а нередко и 4-го разряда осваивали ванный способ в течение 5—10 дней; особенно быстро ванный способ сварки осваивался в специализированных бригадах.

В результате создания на Куйбышевгидрострое специализированных бригад сварщиков резко повысилось качество сварки, производительность труда возросла до 240—300% нормы; улучшилось использование мощности и состояние сварочного оборудования, одновременно улучшились учет и контроль сварки; сократился расход электродов; появились наиболее благоприятные условия для повышения квалификации сварщиков.

Для иллюстрации некоторых упомянутых выше положений в табл. 7 приведена сводка результатов испытаний контрольных стыков, сваренных ванным способом специализированными бригадами монтажных участков № 1 и 3 за последние 20 месяцев.

Сравнение данных табл. 7 с показателями качества стыков (табл. 9), сваренных за тот же период силами комплексных бригад, свидетельствует о преимуществах специализации.

Приводим основные условия, соблюдение которых позволяет при высокой производительности труда получать сварные соединения высокого качества.

Сварщик должен работать сухими и не имеющими ржавчины электродами типа УОННИИ, с покрытием равномерной толщины и без оббитых участков. Применение

электродов других типов не обеспечивает удовлетворительного качества сварного соединения.

Таблица 7

Результаты испытаний контрольных производственных стыков, сваренных ванным способом специализированными бригадами монтажных участков № 1 и 3 (за 20 месяцев)

Расчетный диаметр образцов в мм	Количество испытанных образцов	Результаты испытаний		
		разрушились при напряжении $\sigma_b < 42 \text{ кг}/\text{мм}^2$	испытаны напряжениями $\sigma_b = 42 - 49,95 \text{ кг}/\text{мм}^2$	испытаны напряжениями $\sigma_b > 50 \text{ кг}/\text{мм}^2$
36—40	301	18	112	171
45—50	225	19	116	90
55—60	134	6	96	32
70	219	26/4	165	24
80	275	30/11	221	4
Всего . .	1 154	108/15	710	321

Примечания. 1. В знаменателе указаны повторные образцы.  
2. Из 710 образцов, обладающих прочностью от 42 до 49,95  $\text{кг}/\text{мм}^2$ , не доведены до разрушения 295.

Сварщик должен быть обеспечен исправным электрододержателем, допускающим работу на достаточно больших токах; шлем-маской; рукавицами; спецодеждой и спецобувью; легким и плотным ящиком для хранения электродов; плоской металлической щеткой для очистки торцов стыкованных стержней.

Сварочный аппарат должен быть совершенно исправным; его мощности при работе на любых возможных режимах должно быть достаточно для непрерывного питания дуги. Для ванной сварки арматуры можно применять обычное широко распространенное на стройках сварочное оборудование: трансформаторы типа СТЭ-34, СТН-500, агрегат ПАС-400-1 и т. п. Для сварки стержней очень крупных диаметров (80—90 мм) рекомендуется применять трансформаторы типа СТН-700.

Режим работы трансформатора при ванной сварке весьма тяжелый: сварочный процесс продолжается десятки минут с перерывами в 3—5 сек. через каждые

1—1,5 мин. на замену электрода. Изоляция обмоток трансформаторов СТЭ-34 в этих условиях, особенно в летнее время, быстро выходит из строя.

Сварку на постоянном токе рекомендуется производить при обратной полярности (плюс на электроде).

Для обеспечения беспрерывности сварочного процесса распределительный шкаф и подводящая ток линия должны быть исправными. Источник электроэнергии должен быть надежным. Опыт Куйбышевгидростроя показал, что полностью оправдывает себя установка для каждого звена сварщиков в составе 4—7 чел. особой электрической сборки (щита), питаемой от отдельного фидера ближайшего трансформаторного пункта. Подключение к линии, питающей сварку, других потребителей (насосов, кранов, постов вспомогательных сварочных аппаратов и т. п.) не только нежелательно, но и недопустимо.

Сварочные кабели должны иметь хорошую изоляцию в целях безопасности работы, постоянства электрического питания, а также во избежание коротких замыканий кабелей на арматурные стержни. Сварочный кабель должен иметь длину не более 25—35 м, сечение — 70—95  $\text{мм}^2$  в зависимости от диаметров свариваемых стержней.

Опыт работы специализированных бригад сварщиков Куйбышевгидростроя позволяет сделать еще ряд рекомендаций по улучшению организации ванной сварки.

Подготовка стыков под ванную сварку должна лежать на ответственности монтажных бригад. Подготовленные стыки производитель работ монтажников сдает бригадиру сварщиков по журналу, в котором указывается количество принятых стыков и соответствие качества их подгонки техническим условиям.

Если объем работ достаточно большой и в подготовленном арматурном блоке имеются стыки разных диаметров, то каждому члену бригады поручается сварка стыков одного диаметра.

Это мероприятие дает весьма заметный эффект, так как избавляет сварщика от дополнительной регулировки тока перед сваркой каждого нового стыка и облегчает выбор наилучшего режима сварки.

По мере увеличения диаметров стержней сварка усложняется. Учитывая это, бригадир должен при рас-

пределении задания поручать сварку стержней крупных диаметров наиболее опытным рабочим.

Система оплаты труда сварщиков должна предусматривать дополнительные премиальные вознаграждения за высокие показатели качества (полное отсутствие брака).

Очень большое значение имеет также клеймение сваренных стыков.

Правила техники безопасности при ванной сварке в основном обычные; однако условия работы на гидротехнических сооружениях создают ряд специфических особенностей, характерных для монтажа крупных металлических конструкций.

Так, например, рекомендуемые резиновые коврики в данном случае применять нельзя из-за неудобства пользования ими. Сварщик должен быть обеспечен резиновыми сапогами, а не галошами, сухой, прочной брезентовой спецодеждой (брюками и курткой) и резиновым шлемом, защищающим затылок.

Электроизоляция кабелей и электрододержателей должна быть только высококачественной. Заземление нетоковедущих металлических частей сварочных аппаратов и распределительных шкафов должно быть совершенно надежным. Сварщики должны избегать прикосновения к кабелям и проводам. Ремонт сварочных аппаратов и распределительных шкафов в этих условиях производить нельзя.

Перемещаясь по конструкциям и закрепляясь на них, следует внимательно проверять прочность используемых стержней и пакетов, особенно вертикальных, которые иногда падают под действием собственного веса. Это происходит потому, что такие пакеты нередко закрепляют не хомутами и проволокой, а сварными швами, которые вследствие естественных температурных деформаций пакетов, имеющих значительную длину, легко срезаются.

Следует избегать перемещения по наклонным стержням, особенно при гололеде.

В связи с тем что стык от стыка нередко находится на расстоянии 300—500 мм, необходимо быть особенно внимательным к возможному загоранию спецодежды. Нужно учитывать также, что ванный стык стержней большого диаметра в течение 10—20 мин. после окончания сварки может явиться причиной воспламенения спецодежды. На-

личие на костюме сварщика капель керосина, бензина и т. п. может привести к несчастному случаю.

Одежду сварщиков, направляющихся работать на высоте, должны проверять мастер или производитель работ, которым следует вменить в обязанность также 1—2-минутный инструктаж рабочих по технике безопасности.

Нельзя работать на высоте, если рядом нет других сварщиков, которые могут в случае необходимости прийти на помощь.

Металлические цепи предохранительных поясов должны быть заменены прорезиненными ремнями, так как цепи, оказавшись под током, могут расплавиться.

Проверка прочности сварных соединений арматурных конструкций осуществляется преимущественно посредством испытания выборочных сварных элементов, вырезаемых из конструкции по указанию контролирующих органов. Нельзя подвергать испытаниям образцы, сваренные одновременно в тех же условиях, что и соединения конструкций; несмотря на видимую простоту и удобство, такой порядок испытаний для условий монтажа конструкций совершенно непригоден, потому что каждый раз создать одинаковые условия для сварки контрольных и производственных стыков невозможно.

Испытание осуществляется приложением разрушающей силы, аналогичной по характеру и направлению усилиям, действующим на элемент в сооружении. Поскольку арматура железобетона, как правило, предназначается для восприятия растягивающих усилий ее испытание, а также испытание сварных соединений арматуры всегда выполняются посредством растяжения.

Технологическая проба на холодный загиб или испытание типового образца (диаметром 20 мм), изготовленного обточкой сварного стыка, непригодны применительно к соединениям, сваренным ванным способом.

Технологическая проба на холодный загиб стержней крупных диаметров не показательна вообще; особенно она не показательна для стыков стержней из стали Ст. 5, сваренных ванным способом. Изучение подвергнутых загибу стыков свидетельствует о том, что разрушение их, как правило, происходит по основному стержню в зоне теплового влияния. Такие разрушения наблюдались даже при наличии существующего непровара. При пластиче-

ской деформации хорошо удлиняются наружные волокна стыкового шва, а основной металл и в еще большей степени металл зоны влияния в силу пониженной пластичности быстрее достигает предела прочности и разрушается. Кроме того, результаты технологической пробы на загиб зависят от положения стыка при загибе, т. е. от направления изгибающей силы. Например, если при испытании будет одновременно изгибаться и скобообразная форма (последняя находится между опорным роликом и стыком), она сообщит стыку дополнительную жесткость, и изгиб стержней может переместиться за пределы формы. Радиус изгиба стыка по этой причине увеличится и условия его испытания будут смягчены.

Испытание типового образца, изголовленного обточкой сварного стыка, иногда применяют ввиду отсутствия на стройке достаточно мощных разрывных машин.

В соединениях, сваренных ванным способом, качество наплавленного металла и распределение дефектов по высоте шва очень неравномерны; чаще всего типовой образец вырезают из центральной части сечения шва и поэтому при испытании получают завышенную прочность. Если же типовые образцы вырезать из периферийных участков сечения, то можно впасть в другую крайность, т. е. занизить качество стыка, так как в этом случае будут преобладать образцы с дефектами (шлаковыми включениями, усадочной рыхлостью и т. п.). Имеет значение также и то, что прочность шлифованного образца далеко не соответствует прочности производственного образца, имеющего ряд пороков (концентрацию напряжений, эксцентричность сечения относительно оси стержней, различные механические свойства металла по сечению и т. д.).

Контроль качества сварки при монтаже арматуры на Куйбышевгидрострое осуществляется силами технической инспекции и контрольных постов береговых лабораторий. Техническая инспекция проводит приемку всех блоков под бетонирование, предварительно убедившись в полном окончании монтажных и сварочных работ и в достаточно высоком качестве их. Осуществляя контроль всех работ, инспекция в состоянии в основном лишь фиксировать брак и, пользуясь предоставленными ей правами, добиваться его устранения.

Для своевременного предупреждения брака контрольная лаборатория бетона организовала посты по контролю сварки. Посты ведут борьбу с нарушениями технологии и предупреждают брак на всех стадиях процесса, а также во время подготовительных работ. Ответственность за соблюдение технологии и качество сварки возлагается на производителей работ. Контрольные же посты организованы для улучшения контроля и обеспечения его высокого технического уровня. Работник поста указывает производителю работ или бригадиру сварщиков на все обнаруженные ненормальности. Если производитель работ или бригадир не принимают мер для устранения брака, то указания по улучшению сварки записываются в журнал участка и доводятся до сведения технической инспекции.

Работник контрольного поста имеет право и должен при грубых нарушениях технологии подвергать испытанию любой сварной стык. В обязанности контрольного поста, кроме того, входит передача опыта и передовых приемов сварки производителям работ участков, а также бригадам и звеньям сварщиков.

Результаты работы контрольных постов иллюстрирует табл. 8, в которой приведены показатели качества работы сварщиков Правобережного управления за 11 месяцев.

Таблица 8  
Результаты работы контрольных постов

Месяцы	Средний процент брака по ванной сварке	Общее количество сваренных стыков	Примечание
Январь—март	6,6	62 000	До организации постов по контролю сварки
Апрель	6,6	16 500	
Май	3,8	18 300	
Июнь	1,6	12 500	
Июль	2,1	19 200	
Август	1,3	23 000	После организации постов
Сентябрь	2,6	20 000	
Октябрь	2,6	15 000	
Ноябрь	1,2	9 000	

Для наглядности оценки экономической важности снижения брака укажем, что себестоимость работ по усилению прочности одного дефектного стыка до нормы (с помощью накладок) составляет для стержней диаметром 70 мм от 25 до 45 руб. в зависимости от прочности стыка.

## 5. СТАТИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ТИПИЧНЫЕ ДЕФЕКТЫ

Требования, предъявляемые к прочности сварного шва, зависят от условий работы конструкции. Общим требованием является равнопрочность шва и свариваемых элементов. Известно, что равнопрочным называется соединение, в котором все зоны имеют одинаковую прочность, равную фактической прочности основного материала; разрушения такого соединения возможны как по основному материалу, так и по любой из зон соединения.

Для удобства сравнения условимся называть равнопрочным такое соединение, которое при испытании разрушается под напряжением, равным или превышающим нижний предел прочности основного металла. Для стали марки Ст. 5 периодического профиля равнопрочным будет сварной стык, разрушающийся при напряжении 50 кг/мм<sup>2</sup> или больше (напряжение относится к первоначальному сечению стержня). В соответствии с ТУ 19-51 МЭС нижним браковочным пределом прочности сварного соединения рабочей арматуры гидротехнического железобетона является величина, равная 1,2  $\sigma_t$ , где  $\sigma_t$  — предел текучести материала арматуры; таким образом, для сварного соединения из стали марки Ст. 5 периодического профиля наименьшая прочность составляет 42 кг/мм<sup>2</sup>.

Внедрению ванной сварки в производство предшествовали многочисленные опытные работы.

Опытные образцы сваривались в условиях, мало отличающихся от производственных: под открытым небом, при любых низких температурах. Опытные горизонтальные стыки отличаются высокой и весьма устойчивой прочностью. Результаты опытов указывают на возможность выполнять без брака сварку стержней арматуры диаметром до 90 мм включительно, причем к стержням диаметром 70 мм включительно, свариваемым по варианту ОСЗ, можно предъявить требование равнопрочности.

Так, 248 сварщиков Куйбышевгидростроя, получивших право работать ванным способом, сварили в один прием (в производственных условиях) по три экзаменационных стыка стержней диаметром 70 мм, оказавшихся равнопрочными с основным металлом.

Результаты испытаний производственных (контрольных) стыков стержней стали марки Ст. 5, выполненных за последние 20 месяцев всеми участками Правобережного управления, приведены в табл. 9.

Наличие образцов, не доводившихся до разрушения (27%), объясняется тем, что на стройке в течение некоторого времени существовало указание о возможности использовать выдержавшие испытание и не разрушившиеся сварные стыки в неответственных элементах сооружений. Показатели прочности некоторой части производственных стыков заметно ниже показателей опытных и экзаменационных стыков, тем не менее достигнутые результаты можно признать вполне удовлетворительными: средний процент брака составил 2,4, наибольший — 4,2 (для стыков стержней диаметром 8 мм).

Ввиду того что единый критерий оценки качества сварной продукции при статической обработке результатов выборочных испытаний до настоящего времени не принят, рассмотрим этот вопрос.

Согласно действующим Техническим условиям при неудовлетворительной прочности первичного образца (от партии в количестве до 100 стыков отбирается один первичный образец) от этой партии образцов берутся два повторных образца; если хоть один из этих образцов не выдержит испытаний — вся партия бракуется и каждый ее стык доводится до нормы путем соответствующего усиления (приваркой дополнительных накладок, постановкой перепусков и т. п.). При отборе контрольных образцов для вырезки назначаются наиболее сомнительные стыки. Такой порядок заметно повышает качество выборочного контроля, как известно, не отличающегося достаточной надежностью; но это обстоятельство одновременно указывает на невозможность окончательных суждений о всей партии стыков по прочности одного дефектного, который может быть исключением из правила. Двойное же число повторных образцов, понижая вероятность ошибки, позволяет сделать более верное суждение о всей партии, что и принято Техническими условиями. Но из этого следует, что при определении процента брака надлежит брать в расчет только те партии стыков, которые не выдержали повторных испытаний и потребовали дополнительных материальных затрат для доведения их качества до нормального. Указанный выше процент брака вычислен по этой методике. Не выдержавшие испытания первичные образцы в свою очередь тоже частично характеризуют качество сварки, однако, как показано выше, окончательный вывод по ним делать нельзя.

Таблица 9

Результаты испытаний производственных (контрольных) стыков стержней из стали марки Ст. 5, выполненных за 20 месяцев на всех участках Правобережного управления

		Результаты испытаний и место разрушения		$\sigma_b = 42 - 49,95 \text{ кг}^2/\text{мм}^2$		$\sigma_b > 50 \text{ кг}^2/\text{мм}^2$			
		разрушились		разрушились		разрушились			
$\sigma_b < 42 \text{ кг}^2/\text{мм}^2$									
32—40	612	73/8	16/2	2	—	11	80	264	100
45—50	489	56/3	4/1	1	—	11	55	274	76
55—60	510	53/4	6	—	—	14	133	342	48
70	491	58/10	20/6	4	—	7	164	350	21
80	915	135/23	88/6	6/3	—	29	24	375	632
90	10	—	—	—	—	3	—	—	5
Всего		3 027	375/48	130/15	13/3	13/7	531/73	778	99
								812	1 870
								248	27
								107	149
								22	22
									553

Примечание. В знаменателе указаны не выдержавшие испытания повторные образцы (окончательный брак).

Можно утверждать, что данные табл. 9 характеризуют не столько способ сварки, сколько сумму всех технологических условий, а также добросовестность исполнителей, качество контроля и т. п.

Из ряда общих причин, обусловивших пониженные показатели прочности некоторых производственных стыков и довольно высокий процент брака, отметим основные.

1. Низкое качество электродов марки УОНИИ, поставляемых Куйбышевским заводом № 4 и Днепропетровским стрелочным заводом. Основным дефектом электродов является неравномерность толщины покрытия; обычно по всей длине электрода вследствие этого металлическая часть его как бы смещается в общем сечении (рис. 20). Расплавление покрытия происходит неравномерно: более толстая часть плавится медленнее; на электроде образуется односторонний толстый козырек, отклоняющий дугу в сторону и значительно удлиняющий ее. При сварке торцов стержней таким электродом получается непровар зоны сплавления, так как козырек мешает сварщику направлять дугу в нужную сторону.

2. Неудовлетворительное электроснабжение многих сварочных постов: перегрузка местных сетей, перебои в подаче энергии, резкие колебания напряжения.

3. Недостаточный контроль подготовки к сварке (контрольные посты были организованы лишь в конце апреля 1955 г.).

4. Производство сварки силами комплексных бригад (см. раздел 4).

Необходимо отметить также, что в зимние месяцы случаи брака наиболее часты.

Статистика испытаний производственных (табл. 9) экзаменационных и опытных стыков показывает, что разрушение их происходит по одному из следующих сечений:

- по зоне сплавления (рис. 21);
- по наплавленному металлу (рис. 22);

38

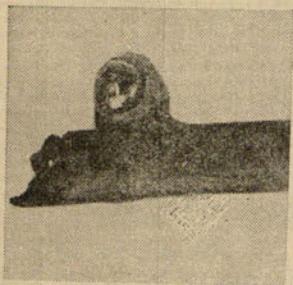


Рис. 20. Электроды типа УОНИИ-13/55А с покрытием неравномерной толщины

в) по основному металлу (хрупкое разрушение по зоне теплового влияния фланговых швов — рис. 23 и 24);

г) по основному металлу с образованием шейки вдали от стыка (рис. 25).

Для производственных стыков наиболее распространенным является разрушение по зоне сплавления; для экзаменационных и опытных — по основному металлу (хрупко или с шейкой). Нередко происходят комбинированные разрушения (рис. 26).

Разрушения по наплавленному металлу

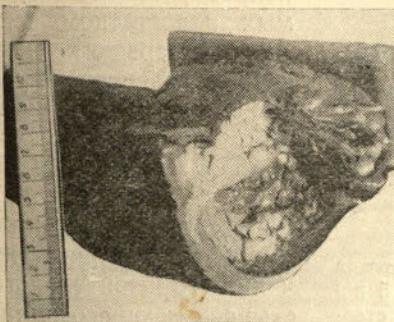


Рис. 21. Дефектный стык стержней диаметром 70 мм, разрушившийся при испытании; зашлаковка и непровар зоны сплавления и несплавление флангового шва с металлом стержня; предел прочности стыка  $29 \text{ кг}/\text{мм}^2$

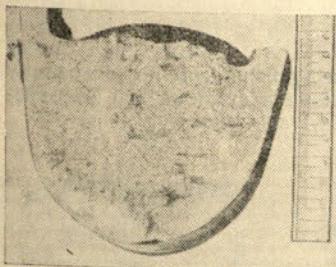


Рис. 22. Сечение горизонтального стыка, сваренного ванным способом; разрушение по наплавленному металлу

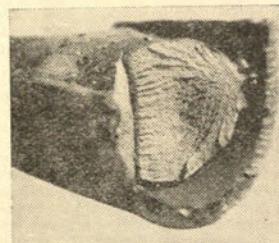


Рис. 23. Горизонтальный стык стержней диаметром 70 мм; хрупкое разрушение по основному металлу стержню в конце фланговых швов; предел прочности стыка  $49,2 \text{ кг}/\text{мм}^2$

происходят относительно реже. Они объясняются нескользкими или одной из следующих основных причин:

39

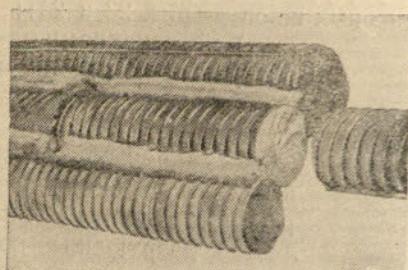


Рис. 24. Типичное разрушение стыка с накладками; сталь марки Ст. 5 периодического профиля; диаметр стержня 70 мм; предел прочности 46,9 кг/мм<sup>2</sup>

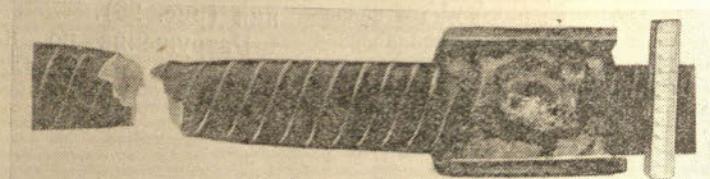


Рис. 25. Горизонтальный стык, разрушившийся по основному металлу с образованием шейки; диаметр стержней 70 мм; предел прочности 54,1 кг/мм<sup>2</sup>

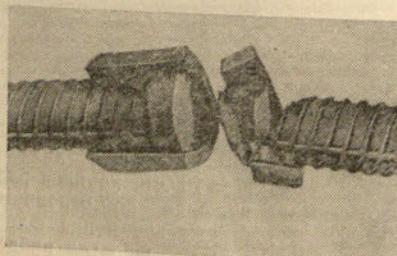


Рис. 26. Горизонтальный стык, разрушившийся при испытании по зоне сплавления и по основному стержню в конце флангового шва; диаметр стержня 80 мм; предел прочности 46,9 кг/мм<sup>2</sup>

1) наличием в шве шлаковых включений и непроваров, вызываемых недостатком тепла, перерывом при сварке, загрязнениями торцов и формы (шлаком, окалиной, ржавчиной, следами масла и т. п.); на рис. 27 представлен макрошлиф поперечного сечения горизонтального стыка, имеющего шлаковые включения в

Рис. 27. Макрошлиф поперечного сечения горизонтального стыка, сваренного ванным способом; шлаковые включения в корне шва

корне, вызванные недостатком тепла в начальной стадии ванной сварки;

2) наличием в шве пор и раковин, неизбежных при сварке электродами с увлажненным покрытием (рис. 28), а также при сварке по окисленной и заржавленной поверхности; следует напомнить, что просушка увлажненных электродов УОНИИ недостаточна; их непременно надо прокаливать при температуре 350—400°; сварка длинной дугой также способствует образованию пор;

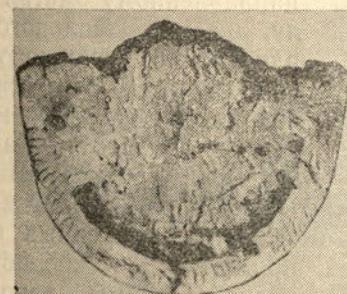


Рис. 28. Поперечное сечение стыка стержней диаметром 70 мм, сваренного ванным способом; разрушение по наплавленному металлу, имеющему большое количество пор; предел прочности 44,7 кг/мм<sup>2</sup>

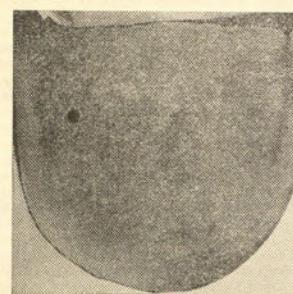


Рис. 29. Макрошлиф поперечного сечения горизонтального стыка, сваренного ванным способом; диаметр стержней 80 мм

3) дефектами подготовки соединения к сварке: несоосность стержней, излом оси встыке, большой зазор, резкое смещение формы относительно зазора, несовершенство конструкции стыка и т. п.

На рис. 29 и 30 приведены макрошлифы сечений полноценных стыков. Соблюдение правил подготовки к работе и технологии сварки всегда обеспечивает высокое качество наплавляемого металла и гарантирует равнопрочность горизонтальных стыков стержней диаметром до 70 мм включительно.

Значительно труднее избежать дефектов соединений стержней из стали марки Ст. 5, обусловленных ее повышенной чувствительностью к местным тепловым воздействиям и подрезам. Этого дефекта можно избежать, не допуская подрезов стержней при заварке фланговых

швов. Всякий случайный подрез как в границах сварного стыка, так и за его пределами надлежит тщательно заваривать, нанося местную точечную наплавку. Это мероприятие не всегда восстанавливает полную первоначальную прочность стержня, однако существенно повышает его местную прочность.

Разрушения узловых соединений, свариваемых ванным способом, происходят по одному из следующих сечений:

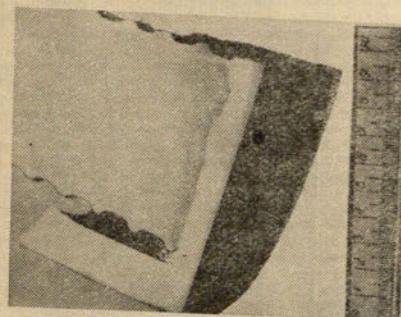


Рис. 30. Макрошлиф продольного сечения горизонтального стыка, сваренного ванным способом; четко видна зона теплового влияния

ному стержню (поясу) при испытаниях объясняются несовершенством принятой методики испытаний. Для прорезания последних с противоположной стороны пояса приваривается так называемый вспомогательный стержень, являющийся продолжением испытуемого стержня (рис. 31). Обеспечить необходимую соосность этих стержней практически почти невозможно. При испытании неизбежно возникает изгибающий момент, существенно снижающий прочность узла. Следовательно, действительная прочность узловых соединений, сваренных ванным способом, заметно выше, чем обнаруживается при испытании. В связи с тем что узловые соединения арматуры, как правило, имеют монтажное назначение, систематический контроль их прочности не проводился.

При правильном ведении процесса достигается равнопрочность вертикальных стыков стержней диаметром до 60 мм (см. рис. 5). Наиболее типичным дефектом является несплавление центральной части торцов. Резкое

изменение сечения при переходе от наплавленного металла к основному является существенным конструктивным недостатком этих стыков.

В заключение отметим, что при малейшем несоблюдении технологии — незначительная зашлаковка сечения, слабый провар фланговых швов — прочность стыков падает до 49—47 кг/мм<sup>2</sup>. Грубые нарушения технологии — непровары зон сплавления, зашлаковка корня шва, несоосность, подрезы основных стержней — снижают прочность до 45—30 кг/мм<sup>2</sup>. На рис. 21 показан стык, сваренный с грубыми нарушениями технологии.

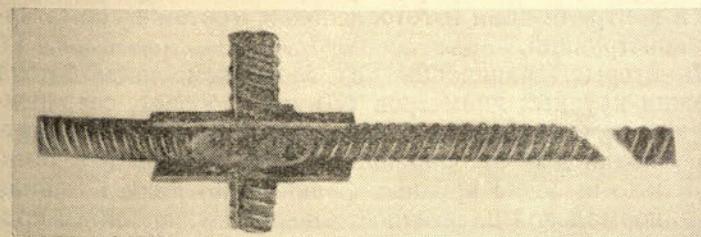


Рис. 31. Узел арматурных конструкций из стержней диаметром 50 мм, сваренный ванным способом; разрушение по основному металлу с образованием шейки; слева — вспомогательный стержень; предел прочности 54,8 кг/мм<sup>2</sup>

Эти обстоятельства обязывают сварщиков относиться к ванной сварке с высокой добросовестностью и указывают на необходимость организации надежного контроля подготовки к сварке и процесса сварки. Обязательное клеймение продукции является одним из основных условий такого контроля.

## 6. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Основным преимуществом ванного способа перед другими способами электродуговой сварки арматуры являются значительно более высокие технико-экономические показатели; важнейшим достоинством является большая экономия стали.

Технико-экономические показатели ванной сварки рассмотрим в сопоставлении с показателями сварки соединений с накладками и с лапками, поскольку последние еще применяются на стройках.

Укажем на два важных технологических преимущества ванного способа.

Во-первых, ванный способ облегчает сварку соединений пространственных конструкций, так как требует меньшего количества кантовок конструкции и перемещений сварщика. Благодаря этому сварку могут выполнять на ограниченной площади одновременно несколько сварщиков, что сокращает потребность во вспомогательных подъемных механизмах и рабочих и способствует более целесообразному использованию производственных площадей. Таким образом, ванный способ более, чем какой-либо другой, соответствует требованиям индустриализации и централизации изготовления и монтажа арматурных конструкций.

Во-вторых, граничащие с защитным слоем бетона стержни крупных диаметров (70 мм и более), соединенные при помощи накладок, создают весьма неблагоприятные условия для бетонирования пространства под ними. Не только щебенка крупных фракций, но даже бетонная смесь нормальной пластичности не может заполнить пространство под стыком с накладками и вытеснить оттуда весь воздух; это существенно снижает местную анткоррозийную и механическую прочность защитного слоя. Легко видеть, что стыки арматуры, сваренной ванным способом, не затрудняют бетонирования.

Экономические преимущества способа рассмотрены ниже отдельно для стыковых и узловых соединений. Эти преимущества состоят в сокращении расхода дополнительного металла, электродов, электроэнергии и снижения трудовых затрат. Следствием этого являются значительное повышение производительности труда и снижение стоимости работ.

Эффективность применения ванного способа стыковых соединений иллюстрируется табл. 10, в которой приведены показатели сварки наиболее распространенной на крупных гидротехнических стройках арматуры.

При ванной сварке горизонтальных стыковых соединений в 9—10 раз по сравнению со сваркой с накладками сокращается расход дополнительного металла, в среднем в 2 раза снижается расход электродов и электроэнергии, в 2—2,5 раза уменьшается трудоемкость работ. Стоимость ванного стыка почти в 3 раза ниже стоимости стыка с накладками.

Ванная сварка вертикальных стыков может дать примерно такой же эффект, если изготовление и монтаж арматурных конструкций будут выполняться так, чтобы можно было без значительных затрат труда обеспечить надлежащую подгонку стыков под сварку.

Необходимо указать, что табл. 10 составлена для следующих наиболее типичных условий:

а) зазор между торцами стержней нормальный (по табл. 4);

б) материал основных стержней и накладок — сталь марки Ст. 5 периодического профиля; материал форм — листовая сталь марки Ст. 3;

в) стоимость электроэнергии — 19 коп/квт·ч;

г) электроды для ванной сварки типа УОНИИ-13/55А; для сварки с накладками — ОММ-5; диаметр электродов 5—6 мм;

д) длина накладок принята равной 8 диаметрам основного стержня; накладки приварены нормальным односторонним швом;

е) формы изготовлены из листовой стали путем штамповки на прессе (для стержней диаметром 50 мм без подогрева, для более крупных стыков — с подогревом в горне).

Таблица 10

Сравнительные данные эффективности ванного способа сварки горизонтальных стыков арматуры

Диаметр стыкуемых стержней в мм	Расход дополнительного металла на 1 стык (накладки, формы) в кг		Расход электродов на 1 стык в кг		Расход электроэнергии на 1 стык в квт·ч		Трудоемкость сварки 1 стыка в чел.-час		Себестоимость 1 стыка (с учетом монтажа) в руб.	
	стык, сваренный ванным способом	стык с накладками	стык, сваренный ванным способом	стык с накладками	стык, сваренный ванным способом	стык с накладками	стык, сваренный ванным способом	стык с накладками	стык, сваренный ванным способом	стык с накладками
40	0,42	4,1	0,35	0,94	0,9	2,47	0,25	0,63	4,05	10,62
50	0,85	7,9	0,61	1,41	1,57	3,71	0,36	0,86	6,35	17,62
60	1,53	14,8	0,98	2,2	2,52	5,79	0,5	1,19	9,17	28,64
70	2,43	25,1	1,67	3,35	4,29	8,82	0,7	1,57	15,26	45,24
80	3,75	33,4	2,24	4,73	5,75	12,43	0,9	2,11	20,1	61,14
90	5,42	50	3,13	5,48	8,04	14,41	1,25	2,45	28,77	82,63

Таблица 11

Сравнительные данные эффективности ванного способа сварки  
узловых соединений арматуры

Расход дополнительного металла (лапки, формы) в кг/2	Расход электродов на 1 соединение в кг/2		Расход электроэнергии на 1 соединение в кВт·ч		Трудоемкость сварки 1 соединения в чел.-час		Себестоимость 1 соединения (с учетом монтажа) в руб.	
	45° *	90° *	45° *	90° *	45° *	90° *	45° *	90° *
40/32	0,13	0,18	1,01	0,46	0,31	0,47	1,18	0,8
50/40	0,27	0,42	1,96	0,7	0,52	0,7	1,92	1,4
60/45	0,4	0,7	2,96	0,99	0,7	1,1	2,54	1,8
70/50	0,64	0,85	4,29	1,35	0,92	1,54	3,46	2,4
80/60	1,24	1,53	7,05	1,98	1,41	2,37	5,12	3,7
90/70	2,1	2,43	10,8	3,1	2,28	2,74	7,95	5,9

Узловое соединение под углом 45°—(90°), сваренное ванным способом.	
* Узловое соединение под углом 45°—(90°), сваренное ванным способом.	

\* Узловое соединение под углом 45°—(90°), сваренное ванным способом.

Накладные расходы и начисления на трудовые затраты приняты в размере 102,9%; нормы времени на сварку стыков с накладками — по нормативному сборнику Куйбышевгидростроя; затраты труда на ванную сварку стыков установлены в результате ряда хронометражных наблюдений.

Указанные обстоятельства делают табл. 10 в известной степени условной; однако и при изменении обстановки соотношения показателей будут в основном сохранены.

Экономические показатели ванной сварки узловых соединений в скобообразных формах приведены в табл. 11, содержащей также показатели сварки соединений с лапками. Условия, изложенные выше, принятые и при составлении этой таблицы. Длина лапок принята равной 4 диаметрам основного стержня (пояса).

Наибольшая эффективность ванной сварки стержней с пересекающимися осями достигается в случае приварки стоек под углом 90°. Расход стали в этом случае уменьшается в 4,5—5 раз, электродов, электроэнергии и труда — почти в 1,5 раза. Стоимость узлов, сваренных ванным способом, в среднем также в 1,5 раза ниже стоимости соединений с лапками.

Экономический эффект при приварке раскосов под углом 45—60° снижается ввиду увеличения заплавляемого объема. Однако и в этом случае применение ванной сварки целесообразно, так как решающими критериями в данном случае являются стоимость и экономия дополнительного металла.

## 7. ПЕРСПЕКТИВЫ ВАННОГО СПОСОБА

Одним из немаловажных достоинств ванного способа сварки арматуры железобетона является широкая возможность усовершенствования всех его показателей. Этим ванный способ выгодно отличается от всех других (с лапками, внахлестку, с накладками), возможности улучшения которых ограничены. Несмотря на значительные преимущества нового способа, следует признать, что он еще далек от совершенства. Очень возможно, что лучшим окажется вариант, в котором будут одновременно использованы достоинства способа ОСЗ, сварки гребенкой электродов и трехфазной дугой. Не исключены и новые решения.

Основываясь на опыте Куйбышевгидростроя, рассмотрим основные пути дальнейшего усовершенствования способа ОСЗ.

Как указывалось выше, горизонтальный стык, сваренный ванным способом, ввиду смещения центров тяжести его поперечных сечений относительно общей оси стержней, испытывает при растяжении действие значительного изгибающего момента, что уменьшает его прочность. Это особенно заметно в случае применения формы прежней конструкции, когда длина заготовки принималась равной длине окружности стержня; центр тяжести поперечных сечений стыка в этом случае резко смещается вверх от влияния массы фланговых швов и усиления основного шва. Принятое затем по инициативе Куйбышевгидростроя уменьшение длины заготовки формы понизило влияние эксцентричности приложения сил и одновременно на 8,3% сократило расход дополнительного металла. Дальнейшее совершенствование конструкции горизонтального стыка следует вести в направлении полного уничтожения изгибающего момента и уменьшения веса формы. Хорошим решением, в частности, было бы применение форм, не привариваемых к стыку.

Экономическая эффективность ванного способа нередко сильно снижается из-за грубых неточностей изготовления пакетов, ферм и других арматурных конструкций и из-за неточностей их монтажа. Эти неточности в одних случаях усложняют подгонку стыков под сварку или вообще исключают возможность ее применения (особенно для вертикальных стыков), в других — увеличивают зазоры между торцами стержней настолько, что стоимость стыка и время на его сварку возрастают на 50—200% и более при одновременном снижении его прочности. Эти обстоятельства настоятельно требуют серьезного повышения общей культуры арматурного производства и, в частности, установления и соблюдения более строгих допусков.

Учитывая, что стоимость 1 кг наплавляемого металла в несколько раз выше стоимости арматурной стали, целесообразнее изготавливать стержни с плюсовыми допусками по длине. В этом случае подгонка будет заключаться лишь в отрезке небольшого куска стержня или в обычном оплавлении его бензорезом, тогда как при отрицательных допусках нередко возникает необходимость в двух ван-

ных стыках вместо одного или в заварке стыков с непомерно большими зазорами. Следует разработать организационно-технические мероприятия, предусматривающие поощрение монтажников, обеспечивающих подгонку стыков с минимальными зазорами.

Дальнейшее сокращение расхода электродов при ванной сварке возможно при широком внедрении сварки со 100% использованием их (без отходов) и особенно путем применения сварки под флюсом. Повышение производительности при одновременном ускорении и удешевлении всех работ может быть обеспечено применением электродов больших диаметров (7—8 мм) и дальнейшим форсированием процесса; в последнем случае потребуется уточнение технологии. Трехфазная сварка, повидимому, явится наиболее перспективной.

Важным резервом дальнейшего снижения себестоимости работ при монтаже арматурных конструкций является усовершенствование методов контроля качества стыков. Существующий метод, как известно, носит выборочный характер и поэтому не отличается надежностью. Кроме того, он требует немалых средств и расхода дополнительного металла. Длина вырезаемого контрольного образца для испытания на растяжение принимается равной десяти расчетным диаметрам стержня плюс 500 мм. Вместо одного вырезанного стыка приходится варить два. Таким образом, этот способ контроля повышает объемы сварочных и монтажных работ более чем на 2%. После вырезки стыков из конструкции в стержнях получается разрыв длиной от 700 до 1 400 мм. Для заполнения этого разрыва требуется большое количество дополнительного металла от 10 кг при вырезке стержней диаметром 40 мм до 72 кг, если стержни имеют диаметр 90 мм.

На крупных стройках, где свариваются миллионы стыков, количество контрольных образцов определяется десятками тысяч. Это вызывает расход многих сотен и даже тысяч тонн дополнительного металла. Содержание механической лаборатории и персонала, осуществляющего вырезку и транспортировку образцов, на крупных стройках требует также значительных средств. Все эти обстоятельства делают разработку и внедрение более надежных и дешевых способов контроля сварки арматуры весьма актуальной задачей, тем более, что строгий контроль качества сварки позволит принимать при расчете

железобетона более экономичные коэффициенты запаса.

Первые экспериментальные работы по выявлению возможностей физических методов контроля качества сварных соединений арматуры без разрушения последних были проведены на Куйбышевгидрострое в августе 1955 г. Техническим управлением Министерства строительства электростанций. Результаты экспериментов свидетельствуют о возможности организации контроля путем проплавления стыков гамма-лучами радия. Контрольные механические испытания подтвердили правильность общих выводов, сделанных на основе гамма-снимков. Однако требуется еще установить не только качественные, но и количественные связи между изображением, получаемым на гамма-снимке и прочностью контролируемого сварного соединения.

Метод ультра-звуковой дефектоскопии пока не дал обнадеживающих результатов.

Анализ рабочего дня сварщика показывает, что от 6 до 10% времени он тратит на регулировку сварочного тока. Даже при работе на новом сварочном аппарате, имеющем механический указатель силы тока, сварщик не полностью освобождается от необходимости дополнительной регулировки тока. Известно, что сила тока зависит не только от положения рукоятки регулятора, но и от ряда других факторов: фактического напряжения питающей сети, длины и сечения сварочного кабеля, диаметра электрода и т. п. Чтобы для уточнения регулировки 1 раз подойти к аппарату в монтажных условиях, требуется, как правило, несколько минут, так как аппарат располагается от места сварки на расстоянии от 20 до 50 м. Как правило, место сварки и сварочные аппараты разделены конструкциями и расположены на разных высотных отметках, а сварщик работает в труднодоступных местах.

Наконец, эксплуатация сварочных аппаратов во время монтажа происходит в очень неблагоприятных условиях (частые перемещения кранами или вручную, удары падающими металлическими предметами и т. д.). Подчас, все это почти неизбежно. Следствием тяжелых условий эксплуатации является быстрый выход из строя механических указателей силы тока. В отдельных случаях это происходит по небрежности сварщика или монтажника, чаще всего — в силу непрочности указателя.

Опыт показывает, что сварочные аппараты типа

СТЭ-34, СТН-500 и др., предназначенные для ванной сварки в условиях монтажа, должны иметь более точные и прочные механические указатели силы тока.

Немаловажным фактором, определяющим производительность труда сварщика, является постоянство электроснабжения, надежность сварочного и электрического оборудования, кабелей и держателя.

В этой связи укажем, что трансформаторы типа СТЭ-34 Ленинградского завода «Электрик» при ванной сварке стержней диаметром до 70 мм работают достаточно надежно. Желательно только улучшить конструкцию указателя тока и регулирующего винта дросселя, изнашивающегося очень быстро. Трансформаторы типа СТЭ-34-У, имеющие аналогичные характеристики, для ванной сварки непригодны из-за малого сечения обмотки регулятора, перегорящей в первые же часы работы аппарата. Доброта сварки стержней диаметром 80 и 90 мм и дальнейшее форсирование процесса при соединении стержней диаметром 70 мм возможны лишь при наличии трансформаторов СТН-700; трансформаторы типов СТЭ-34 и СТН-500 ограничивают возможности ванного способа.

Следует отметить, что электрододержатели, поставляемые заводами-изготовителями сварочных аппаратов, для целей ванной сварки непригодны. Все они работают буквально по одному рабочему дню. Сварщикам в ущерб основной работе приходится своими силами изготавливать более надежные держатели, пригодные для тяжелых условий ванной сварки.

Следует улучшить и производство форм. От качества и себестоимости форм зависит производительность труда монтажников и технико-экономические показатели ванной сварки.

Промышленность должна уже сейчас освоить производство электродов УОННИI больших диаметров (7 — 8 мм), что позволит значительно повысить производительность труда при ванном способе сварки арматуры железобетона.

## ЛИТЕРАТУРА

Дмитриев И. С. Сборник «Исследования и производственный опыт по сварке», Машгиз, 1955, стр. 88—95.  
Технологические правила по электросварке арматуры железобетонных конструкций (Т11 2-54 Минстрой), Москва, 1954.

Инструкция по применению горячекатанной арматуры периодического профиля в железобетонных конструкциях (И 103-52), Москва, 1952.

Славянов Н. Г., Электрическая отливка металлов, Машгиз, 1954.

Инструкция по ручной электродуговой сварке ванным способом горизонтальных стыков арматуры круглого и периодического профилей в монтажных условиях, изд-во Куйбышевгидростроя, г. Жигулевск, 1955.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие . . . . .	3
Введение . . . . .	4
1. Сущность ванного способа сварки . . . . .	8
2. Основные типы стыков и узлов арматурных конструкций. Подготовка к сварке . . . . .	15
3. Сварка . . . . .	19
4. Организация работ и контроль качества ванной сварки . . . . .	27
5. Статическая прочность сварных соединений и типичные дефекты . . . . .	35
6. Технико-экономические показатели . . . . .	43
7. Перспективы ванного способа . . . . .	47

ДУЛЬКИН В. Я., УЛЕСОВ А. А.  
Ванная сварка арматуры железобетона

\* \* \*

Госстройиздат  
Москва, Третьяковский пр., д. 1

\* \* \*

Научный редактор Звегинцева К. В.  
Редактор издательства Крюгер Ю. В.  
Технический редактор Гусева С. С.

Сдано в набор 5.V.1956 г. Подп. в печать 27.VI.1956 г. Т-06819  
Бумага 84×108<sub>32</sub>—0,87 бум., л.—2,87 усл., печ. л. (2,8 уч.-изд. л.)  
Изд. № VII-1284      Заказ. № 701      Тираж 6000  
Цена 1 руб.

Типография № 2 Государственного издательства  
литературы по строительству и архитектуре. Ленинград, ул. Марата, 53

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ  
И АРХИТЕКТУРЕ

ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ И ПОСТУПИЛИ В ПРОДАЖУ

НОВЫЕ КНИГИ И БРОШЮРЫ ДЛЯ  
РАБОЧИХ И МАСТЕРОВ

Каплан Л. З., Свайные работы. Справочное пособие. 5 р. 30 к.

Палкин Р. И., Слесарные работы при ремонте  
строительных машин. Справочное пособие. 3 р. 15 к.

Памятка штукатурку (серия «В помощь молодым  
строителям». Сост. Государственным институтом Орг-  
строй). 1 р. 15 к.

Викторов Н. В., Опытно-показательное строитель-  
ство школьных зданий. 1 р. 15 к.

СЕРИЯ «НОВАТОРЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ»

Железняк Д. М., Электроды со стальным порош-  
ком в покрытии. 1 р. 10 к.

Иванов К. А., Применение эмульсионного разбави-  
теля масляных красок. 55 к.

Махина П. М., Внутренняя отделка зданий сухой  
штукатуркой. 1 р. 20 к.

Никулин Г. Ф., Комбинированный деревообра-  
бывающий станок. 70 к.

Приспособления для транспортирования бетонной  
смеси. (Сост. Государственным институтом Оргстрой и  
ВЦНИБ Министерства строительства предприятий ме-  
тallургической и химической промышленности). 55 к.



Ротарь Н. Ф., Кладка и облицовка стен зданий.  
45 к.

Скребцов П. С., Применение тощих растворов при  
облицовке. 40 к.

Страмоус М. Ф., Опыт работы экскаваторщика  
Н. П. Усачева. 45 к.

Книги и брошюры продаются в магазинах и киосках республи-  
канских, краевых и областных книготоргов и высылаются по почте  
наложенным платежом отделами «Книга—почтой».

В случае отсутствия указанных изданий в магазинах и киосках  
на местах следует направлять заказы по одному из следующих  
адресов:

Москва, К-12, Рыбный пер., д. 2, помещение 23, отдел фондов.  
Ленинград, Оранienбаумская ул., д. 29, книжная база.

