

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА имени А. Н. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к практическим занятиям
по дисциплине

МЕТАЛЛЫ И СВАРКА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

*(для студентов 4 курса заочной формы обучения направления
подготовки 6.060101 “Строительство” специальности
”Промышленное и гражданское строительство”)*

Харьков – ХНУГХ – 2013

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине “Металлы и сварка в строительстве” (для студентов 4 курса заочной формы обучения направления подготовки 6.060101 “Строительство” специальности “Промышленное и гражданское строительство”) / Харьк. нац. у-нт. гор. хоз-ва им. А. Н. Бекетова; сост.: В. Ф. Сидоренко, Н. В. Гарбуз, А. А. Верхуша. – Х.: ХНУГХ им. А. Н. Бекетова, 2013. – 31 с.

Составители: В. Ф. Сидоренко
Н. В. Гарбуз
А. А. Верхуша

Рецензент: к. т. н. Ю. В. Минеева

Рекомендовано кафедрой электрического транспорта,
протокол № 2 от 20 сентября 2011г.

ВВЕДЕНИЕ

Цель методических указаний – изучить конструкцию и принцип работы сварочных источников для ручной дуговой сварки. Освоить навыки выбора сварочного оборудования, электродов и параметров режима сварки. Разработать технологический процесс сварки металлической ванны.

1. ЭЛЕКТРОДУГОВАЯ СВАРКА

1.1 Основные теоретические сведения

Электродуговой сваркой называется сварка плавлением, при которой нагрев свариваемых кромок осуществляется теплотой электрической дуги. Ручную электродуговую (дуговую) сварку широко применяют в строительстве при соединении заготовок благодаря ее универсальности и возможности выполнять процесс во всех пространственных положениях свариваемого шва.

Ручная дуговая сварка производится двумя способами: неплавящимся электродом и плавящимся электродом с покрытием. Второй способ является основным при ручной дуговой сварке в строительстве (рис. 1).

К электроду 1 и основному металлу 3 подводится постоянный или переменный ток от специального сварочного источника питания 10 и возбуждается электрическая сварочная дуга 6. Теплота дуги расплавляет стержень электрода и основной металл, образуется металлическая ванна 8. Вместе со стержнем плавится покрытие электрода 2, образуя защитную газовую атмосферу 7 вокруг дуги и жидкую шлаковую ванну 9 на поверхности расплавленного металла. Металлическая и шлаковая ванны вместе создают сварочную ванну, которая, охлаждаясь, образует сварной шов 4. Жидкий шлак, остывая, создает на поверхности сварного шва твердую шлаковую корку 5.

Дугой называют мощный устойчивый электрический разряд в ионизированной газовой среде между электродом и изделием. В зависимости от того, в какой среде происходит горение электрической дуги, различают:

- открытую дугу, горящую на воздухе (состав газовой среды в зоне дуги: воздух с примесью паров свариваемого металла, материала электрода и электродного покрытия);
- закрытую дугу, горящую под слоем флюса (состав газовой среды в зоне дуги: пары основного металла, проволоки и защитного флюса);
- электрическую дугу, горящую в среде защитных газов (состав газовой среды в зоне дуги: атмосфера защитного газа, пары основного металла и сварочной проволоки).

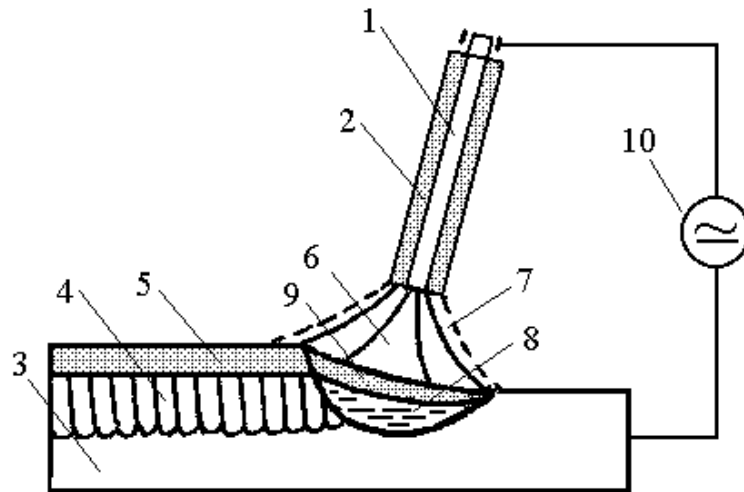


Рис. 1– Схема ручной дуговой сварки плавящимся электродом с покрытием:
 1– стержень электрода; 2– покрытие электрода; 3– основной металл; 4– сварной шов;
 5– твердая шлаковая корка; 6– электрическая дуга; 7– газовая защитная атмосфера;
 8– жидкая металлическая ванна; 9– жидкая шлаковая ванна;
 10– сварочный источник питания

При электрической дуговой сварке электрическая энергия преобразуется в тепловую, которая концентрированно вводится в свариваемые детали.

Полная тепловая энергия, выделяемая при горении сварочной дуги:

$$Q_n = I \cdot U \cdot \tau, \quad (1)$$

где I – сила сварочного тока, А; U – напряжение сварочной дуги, В; τ – время сварки, с.

Однако не вся тепловая энергия, выделяющаяся при горении сварочной дуги, расходуется на нагрев и расплавление основного металла и электрода. Часть тепловой энергии рассеивается в окружающей среде.

Эффективной тепловой энергией называют полезно используемую при сварке теплоту:

$$Q_{эфф} = \eta \cdot I \cdot U \cdot \tau, \quad (2)$$

где η – коэффициент полезного использования тепловой энергии сварочной дуги.

Коэффициент полезного использования тепловой энергии сварочной дуги зависит от конкретных условий сварки. Так, при ручной дуговой сварке величина этого коэффициента может колебаться в пределах $\eta = 0,6 \dots 0,82$.

В процессе сварки плавящийся электрод нагревается двумя источниками:

- тепловой энергией сварочной дуги $Q_{эфф}$;
- теплотой, выделяющейся при протекании электрического тока на вылете электрода (длина электрода от электродержателя до конца электрода) Q .

Тепло, выделяемое на вылете электрода Q , рассчитывается по закону Джоуля–Ленца:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot \tau \text{ Дж}, \quad (3)$$

где R – сопротивление вылета электрода, Ом. Сопротивление вылета электрода $R = \frac{\rho \cdot l_{\text{выл}}}{S} \cdot 10$, Ом, где ρ – удельное сопротивление, Ом·см; $l_{\text{выл}}$ – длина вылета электрода, мм; S – площадь поперечного сечения электрода, мм².

1.2 Сварочные источники питания и их внешние вольтамперные характеристики

Дуговую сварку плавлением выполняют постоянным или переменным током (рис. 2...4).

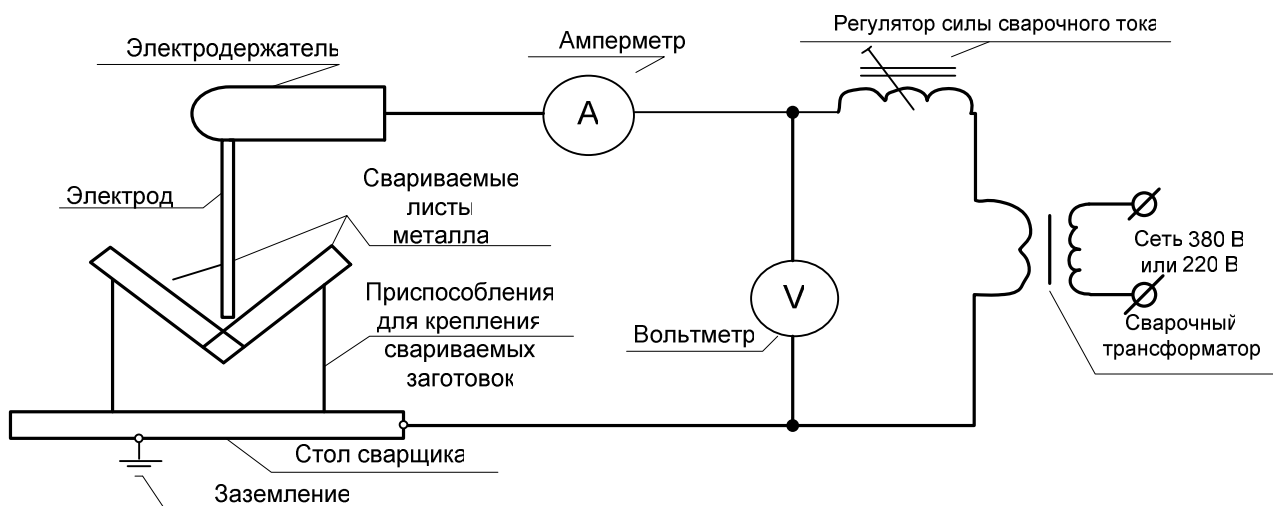


Рис. 2– Принципиальная схема сварки переменным током

Для сварки переменным током (рис. 2) применяют сварочные трансформаторы. Трансформатор понижает напряжение сети с 380 В или 220 В до 70...80 В и менее, одновременно увеличивая силу тока до нужного значения. Для регулирования силы тока используют регуляторы. Они выполнены либо отдельно от трансформатора (см. рис. 2), либо совмещены с трансформатором (см. рис. 6, 7). Амперметр и вольтметр показывают величину силы тока и напряжения при сварке.

Для сварки постоянным током применяют сварочные преобразователи (рис. 3), сварочные агрегаты или сварочные выпрямители (рис. 4).

Сварочные преобразователи имеют электрический привод – электродвигатель переменного тока. Вал электродвигателя соединен с валом генератора, который преобразует механическую энергию в постоянный электрический ток.

В сварочных агрегатах вал генератора вращается двигателем внутреннего сгорания.

Там, где есть сетевая электроэнергия, используют сварочный преобразователь (электродвигатель + генератор). В полевых условиях, где нет сетевой электроэнергии, используют сварочный агрегат (двигатель внутреннего сгорания + генератор).

В настоящее время на многих предприятиях сварочные преобразователи заменяют выпрямителями, так как у них больше коэффициент полезного действия. В выпрямительных установках переменный ток с выхода понижающего трансформатора подают на выпрямитель.

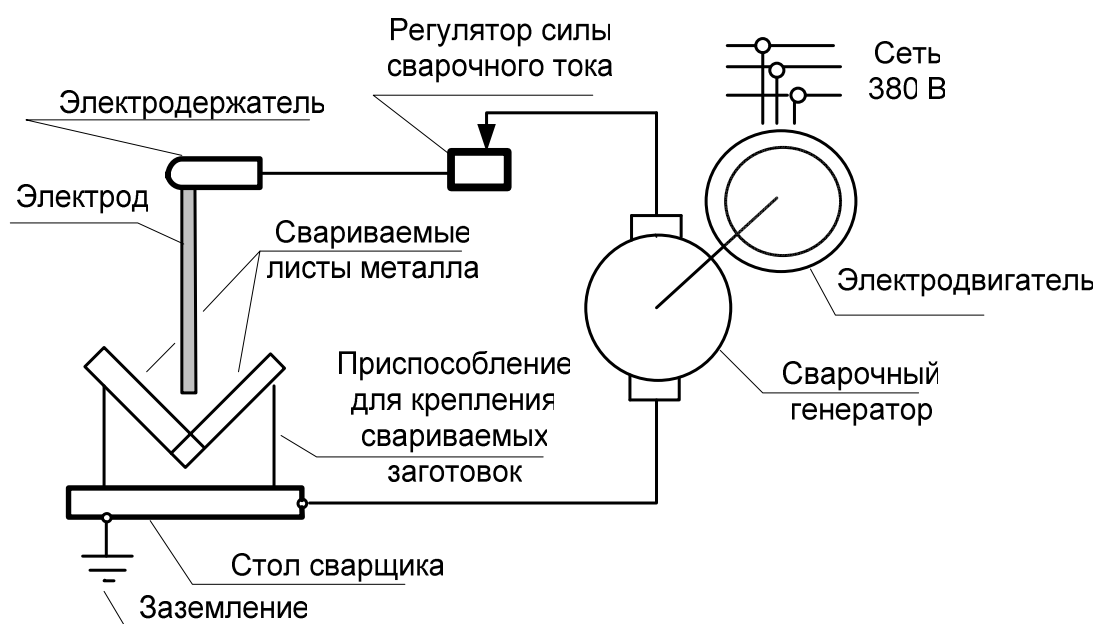


Рис. 3 – Принципиальная схема сварки постоянным током

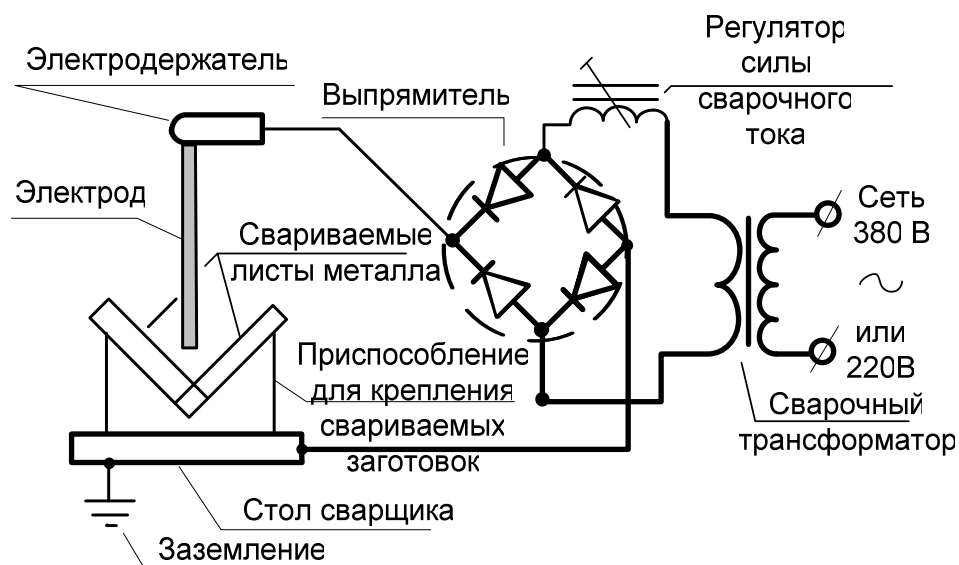


Рис. 4 – Принципиальная схема сварки выпрямленным током

При сварке постоянным током обеспечивается высокая стабильность горения сварочной дуги и, как следствие, качество сварного соединения. Поэтому высоколегированные стали, из которых изготавливают ответственные конструкции, сваривают с использованием постоянного тока.

К источникам тока для ручной дуговой сварки предъявляют следующие требования:

- напряжение холостого хода должно обеспечивать надежное зажигание сварочной дуги, а также отвечать правилам техники безопасности (не должно превышать $U_{xx} = 80 \text{ В}$);
- ток короткого замыкания должен быть ограничен;
- внешняя вольтамперная характеристика источника тока должна быть крутопадающей (рис. 5), для ограничения токов короткого замыкания и повышения стабильности горения сварочной дуги (внешней вольтамперной характеристикой называют зависимость напряжения на клеммах источника от тока нагрузки).

При малых значениях тока короткого замыкания затрудняется зажигание дуги, а при больших его значениях увеличивается перегрев токоведущих частей и электрода, возрастают потери металла на разбрызгивание. Поэтому у источников тока для ручной дуговой сварки отношение тока короткого замыкания $I_{кз}$ и сварочного тока $I_{св}$ должно изменяться в пределах:

$$1,25 < \frac{I_{кз}}{I_{св}} < 2,0 \quad (4)$$

Длину дуги сварщик поддерживает самостоятельно. Поэтому в процессе сварки возможно изменение ее длины из-за произвольных движений руки сварщика. Источник сварочного тока должен обеспечить устойчивое горение сварочной дуги при изменении ее длины.

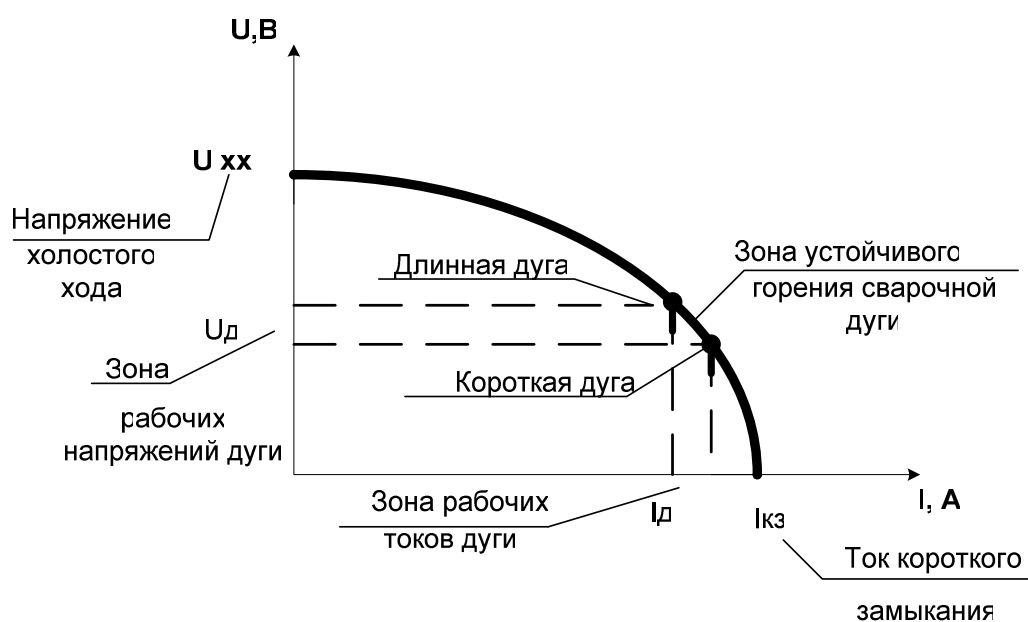


Рис. 5 – Внешняя вольтамперная характеристика источника тока

Дуга переменного тока зажигается и гаснет 100 раз в секунду. Поэтому для интенсивного первоначального и повторного зажигания дуги при проектировании источников сварочного тока обеспечивают условие:

$$\frac{U_{xx}}{U_{\phi}} = 1,8 \div 2,5. \quad (5)$$

Напряжение холостого хода у разных сварочных источников $U_{xx} = 40 \dots 80$ В. У сварочных источников постоянного тока напряжение холостого хода и рабочее напряжение ниже, чем у трансформаторов благодаря более высокой устойчивости горения сварочной дуги постоянного тока. Низкое напряжение холостого хода уменьшает вероятность поражения сварщика электрическим током.

1.3 Конструкция сварочного трансформатора

Пределы регулирования сварочного тока $I_{св}$ трансформатора ТД-300 составляют 60...400 А. Напряжение холостого хода – 80 В. Рабочее напряжение равно 30 В.

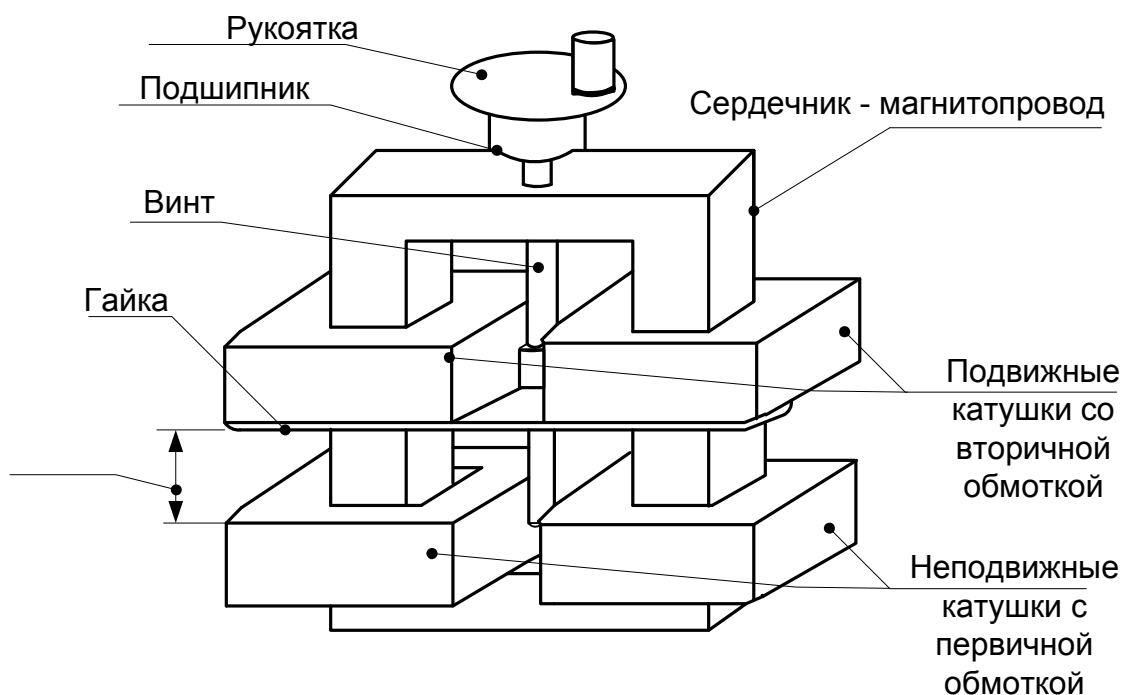


Рис. 6 – Конструктивная схема сварочного трансформатора с подвижными катушками вторичной обмотки

Основными элементами сварочного трансформатора (рис. 6, 7) являются:

- сердечник (магнитопровод);
- неподвижные катушки с первичной обмоткой;
- подвижные катушки со вторичной обмоткой.

Величину сварочного тока регулируют изменением расстояния между первичными и вторичными катушками благодаря подвижным вторичным катушкам.

При увеличении расстояния между обмотками уменьшается магнитный поток, пронизывающий вторичную катушку. Чем больше зазор, тем большая часть магнитного потока теряется за счет рассеивания в пространстве. Поэтому сварочный ток уменьшается. Уменьшение расстояния между обмотками приводит к увеличению тока.

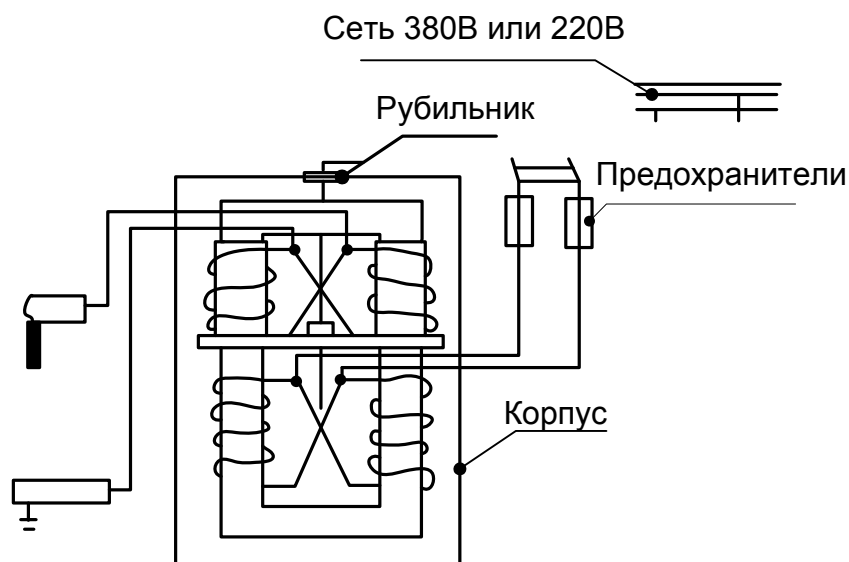


Рис. 7 – Принципиальная электрическая схема сварочного трансформатора с подвижными катушками вторичной обмотки

1.4 Режимы работы сварочного трансформатора

Работа сварочного трансформатора основана на явлении электромагнитной индукции. Режим холостого хода трансформатора (рис. 8) устанавливают при разомкнутой вторичной обмотке в момент подключения первичной обмотки к сети переменного тока с напряжением U_1 .

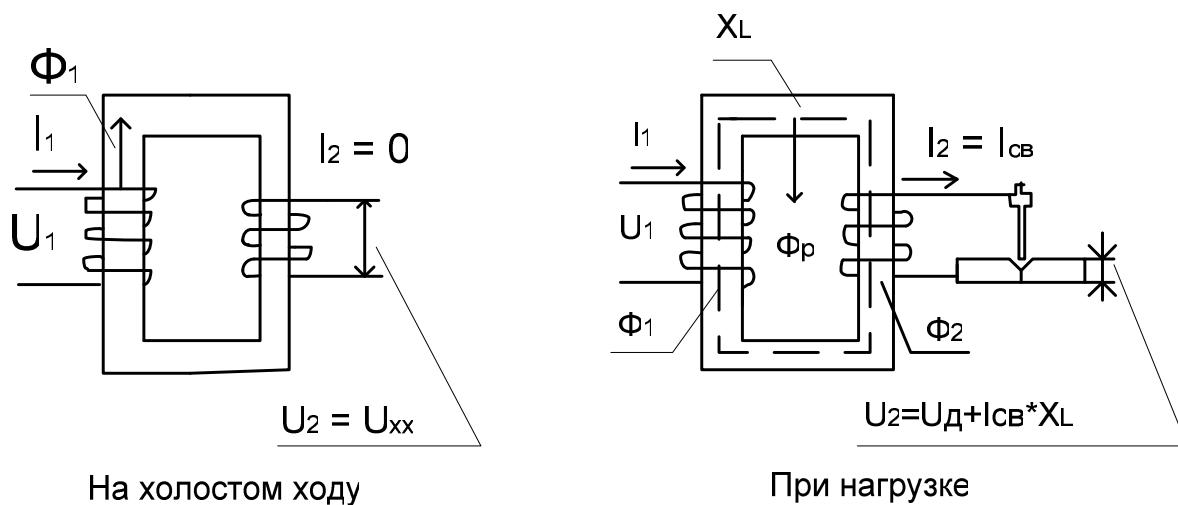


Рис. 8 – Работа трансформатора

При этом по первичной обмотке идет ток I_1 , который создает переменный магнитный поток Φ_1 . Этот поток индуцирует во вторичной обмотке переменное напряжение U_2 . Поскольку цепь вторичной обмотки разомкнута, ток в ней не идет $I_2 = 0$ и никаких затрат энергии во вторичной цепи нет. Поэтому вторичное напряжение на холостом ходу максимально и эту величину называют напряжением холостого хода $U_2 = U_{хх}$.

Отношение напряжений первичной и вторичной обмоток при холостом ходу называют коэффициентом трансформации K . Он также равен отношению чисел витков первичной обмотки w_1 и вторичной обмотки w_2 :

$$K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2} \quad (6)$$

В сварочных трансформаторах сетевое напряжение 220 В или 380 В преобразуется в более низкое напряжение холостого хода $U_2 = U_{хх} = 60...80$ В.

Режим нагрузки (см. рис. 8) устанавливают благодаря замыканию цепи вторичной обмотки в момент зажигания дуги. При этом под действием напряжения U_2 во вторичной обмотке и дуге появляется ток $I_2 = I_{св}$. Этот ток в сердечнике создает переменный магнитный поток, который стремится уменьшить величину потока, создаваемого первичной обмоткой Φ_1 . Противодействуя этому, сила тока в первичной обмотке увеличивается. Увеличение потребления энергии в первичной обмотке должно быть равно увеличению отдачи энергии дуги вторичной обмоткой в соответствии с законом сохранения энергии.

Напряжение во вторичной обмотке трансформатора при нагрузке равно:

$$U_2 = U_{д} + I_{св} \cdot X_L, \quad (7)$$

где $U_{д}$ – падение напряжения на дуге; X_L – индуктивное сопротивление сварочного контура.

Омическое сопротивление сварочного контура R , включая вылет электрода, значительно меньше индуктивного сопротивления X_L . По этой причине при расчете U_2 величиной R пренебрегаем.

Часть магнитного потока Φ_p по пути от первичной обмотки ко вторичной рассеивается в пространстве. Магнитный поток рассеивания тем больше, чем больше расстояние между обмотками (см. рис. 7 и 8).

В результате вторичную обмотку пронизывает магнитный поток Φ_2 . Падающая внешняя вольтамперная характеристика сварочного трансформатора получается благодаря изменению величины рассеивания магнитного потока Φ_p .

При этом напряжение дуги $U_{д}$ уменьшается $U_{д} = U_2 - I_{св} \cdot X_L$ при увеличении силы сварочного тока $I_{св}$ и индуктивного сопротивления X_L .

Как показано на рис. 9, регулировать трансформатор можно:

- изменяя индуктивное сопротивление сварочного трансформатора X_L ,
- изменяя напряжение холостого хода $U_{хх}$.

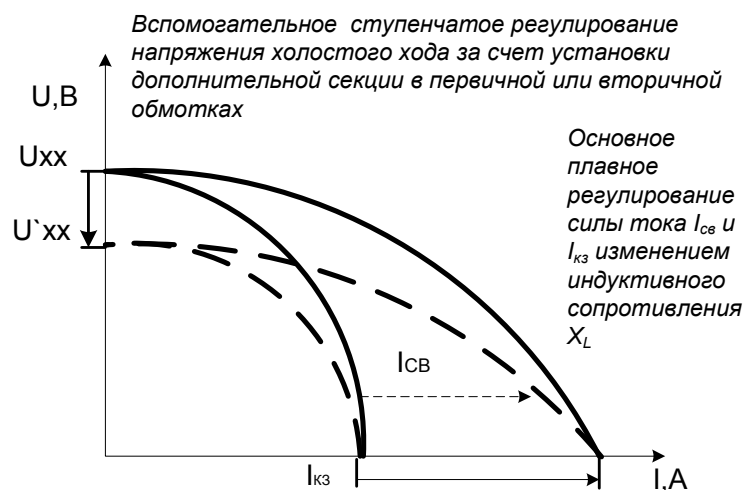


Рис. 9 – Регулирование силы сварочного тока $I_{св}$, силы тока короткого замыкания $I_{кз}$ и напряжения холостого хода U_{xx} трансформатора

Первый способ более распространен и позволяет плавно регулировать сварочный ток. Второй способ применяют как дополнительный. Как правило, трансформатор имеет одну или две фиксированные величины U_{xx} и U'_{xx} . U'_{xx} получают, устанавливая дополнительные секции в первичной или вторичной обмотках. При величине напряжения холостого хода U'_{xx} , как и при U_{xx} , можно плавно регулировать индуктивное сопротивление X_L , а следовательно – сварочный ток $I_{св}$ и ток короткого замыкания $I_{кз}$.

Плавное двухдиапазонное регулирование тока позволяет уменьшить массу и габариты трансформатора. Для получения диапазона больших токов обе катушки первичной и вторичной обмоток включаются попарно параллельно, как показано на рис. 6. Для получения диапазона малых токов катушки первичной и вторичной обмоток включаются последовательно.

Регулирование сварочного тока $I_{св}$ (как и $I_{кз}$) при постоянном напряжении холостого хода трансформатора U_{xx} возможно только за счет изменения индуктивного сопротивления.

В существующих конструкциях трансформаторов регулирование индуктивного сопротивления вторичной цепи может быть выполнено:

- изменением расстояния между первичной и вторичной обмотками;
- изменением зазора магнитопровода дросселя, выполненного отдельно от трансформатора.

Первый вариант интересен простой и надежной конструкцией. Однако если сваривать необходимо на расстоянии 10...40 метров от трансформатора, то отдельный регулятор будет всегда под рукой у сварщика. Такой регулятор весит значительно меньше трансформатора, поэтому его легче перемещать.

При коротком замыкании электрод касается изделия $U_d = 0$. Напряжение во вторичной обмотке $U_2 = I_{кз} \cdot X_L$.

$$\text{Отсюда} \quad I_{кз} = U_2 / X_L. \quad (8)$$

Следовательно, регулирование тока короткого замыкания возможно только за счет изменения индуктивного сопротивления X_L .

1.5 Стали и их свариваемость

В сварных конструкциях автомобилей, строительных и дорожных машин широко используют конструкционные стали. Стали обладают различной свариваемостью.

Под термином "свариваемость металлов" обычно понимают комплекс свойств свариваемого металла, обеспечивающих прочность и работоспособность сварного соединения в условиях эксплуатации.

В процессе сварки некоторые стали склонны к образованию трещин в сварном шве или в зонах, прилегающих ко шву. Появление этих трещин обуславливается, главным образом, химическим составом и внутренней микроструктурой стали. Из основных химических элементов, входящих в состав сталей, наибольшее влияние на образование трещин оказывает углерод. Поэтому в сварных конструкциях в основном используют стали с содержанием углерода не более 0,3%. При сварке стали с содержанием углерода более 0,3% применяют специальные технологические приемы, в частности предварительный подогрев.

Легирующие элементы, вводимые в сталь в небольших количествах, например молибден – 0,2...0,8%, ванадий – 0,1...0,3% и другие, наряду с улучшением механических свойств стали повышают ее свариваемость. Вредные примеси – сера и фосфор, а также оксидные включения и растворенные газы (водород, кислород и азот) – ухудшают свариваемость.

На образование трещин влияет не только химический состав, но и структура стали, а также тип конструкции и характер соединения ее узлов.

В вариантах задания (глава 7) предусмотрено пять групп сталей:

- низкоуглеродистые конструкционные стали обыкновенного качества;
- качественные низкоуглеродистые конструкционные стали;
- низколегированные конструкционные стали;
- легированные жаропрочные стали;
- легированные коррозионностойкие стали.

Обозначение низкоуглеродистой стали начинается со слова Сталь (Сталь 15, Сталь 20 – качественные стали) или начальных букв слова Сталь (Ст 1, Ст 2, Ст 3, Ст 4 – стали обыкновенного качества).

Чем больше цифра в обозначении конструкционной низкоуглеродистой стали обыкновенного качества (Ст 1, Ст 2, Ст 3, Ст 4), тем выше содержание углерода.

Цифра в обозначении качественной низкоуглеродистой конструкционной стали показывает содержание углерода в сотых долях процента. Например Сталь 10 содержит 0,10% углерода. В табл. 1 приведены условные обозначения легирующих элементов в марках сталей и марках сварочных проволок.

В обозначении легированных сталей, например 09Г2Д– цифры 09 показывают содержание углерода в сотых долях процента: 0,09% С.

Буквы справа от цифры обозначают легирующий элемент: Г – марганец; Д – медь. Цифра после буквы указывает содержание легирующего элемента в целых процентах. Отсутствие цифры указывает на содержание элемента менее 1%.

Таблица 1– Условные обозначения легирующих элементов в марках сталей и марках сварочных проволок

Элемент	Обозначение		Элемент	Обозначение	
Ниобий	Nb	Б	Бор	B	Р
Вольфрам	W	В	Кремний	Si	С
Марганец	Mn	Г	Титан	Ti	Т
Медь	Cu	Д	Ванадий	V	Ф
Кобальт	Co	К	Хром	Cr	Х
Молибден	Mo	М	Цирконий	Zr	Ц
Никель	Ni	Н	Алюминий	Al	Ю

Исследования и опыт применения сварки в промышленности позволяют оценить с некоторым приближением каждую марку стали с точки зрения свариваемости как весьма высокую, высокую, удовлетворительную и низкую. Эти оценки приводятся в справочной литературе.

В индивидуальных заданиях для практической работы стали, из которых предложено изготовить ванну, обладают весьма высокой свариваемостью.

1.6 Электроды для ручной дуговой сварки

Плавящийся электрод для ручной дуговой сварки представляет собой стержень из сварочной проволоки, на который нанесено электродное покрытие (обмазка). Промышленность выпускает достаточно большое число марок сварочной проволоки диаметром от 1,6 до 12 мм для изготовления электродов. Длина электродов составляет 150...450 мм. Наиболее часто используют электроды длиной 350, 400 и 450 мм и диаметром 3,4 и 5 мм. Металл электрода и элементы электродного покрытия участвуют в формировании сварного шва.

Электродное покрытие:

- обеспечивает устойчивое горение дуги;
- восстанавливает окисляющийся в процессе сварки металл;
- легирует сварной шов необходимыми элементами;
- защищает зону сварки от попадания кислорода, водорода и азота из окружающего воздуха;
- образует шлаковый покров на поверхности сварного шва, уменьшая тем самым скорость охлаждения металла шва.

Для обеспечения высоких эксплуатационных характеристик сварного соединения необходимо, чтобы химический состав сварного шва был близок к химическому составу свариваемой стали.

Поэтому для сварки стали определенного химического состава рекомендуется подобрать электроды с необходимым содержанием соответствующих легирующих элементов в сварочной проволоке (см. табл. 6).

Условное обозначение марки проволоки состоит из индекса Св – сварочная, следующих за ним цифр, показывающих содержание углерода в сотых долях процента, и буквенных обозначений элементов, входящих в состав проволоки. Буква А в конце обозначения указывает на повышенную чистоту металла по содержанию серы и фосфора.

Например Св-08ХМ для сварки конструкционных сталей содержит 0,08% углерода и менее 1 % хрома и молибдена. Св-04Х19Н11МЗ для сварки жаропрочных и коррозионностойких сталей содержит 0,04% углерода, 19% хрома, 11% никеля и 3% молибдена.

В состав покрытия входят:

- стабилизирующие вещества;
- раскислители и легирующие материалы;
- газообразующие материалы;
- шлакообразующие;
- связующие и цементирующие.

Эти компоненты обеспечивают задачи покрытия при его расплавлении в процессе сварки.

Стабилизирующие вещества предназначены для устойчивого горения дуги. К ним относятся соединения щелочных и щелочноземельных металлов: калия, натрия, кальция и др.

Раскислители (ферромарганец, ферросилиций, ферротитан) применяют для восстановления окисленного в процессе сварки металла. Кроме того, эти же ферросплавы служат легирующими материалами и увеличивают содержание марганца, титана и других элементов в металле шва.

Газообразующие материалы (мрамор, магнезит, крахмал, оксицеллюлоза, древесная мука) образуют газ, защищающий зону сварки от попадания кислорода, водорода и азота из окружающего воздуха.

Шлакообразующие (полевой шпат, кремнезем, магнезит, мрамор) – образуют шлаковый покров на поверхности расплавленного металла шва. Шлак уменьшает скорость охлаждения и затвердевания металла шва, способствует выходу из него газовых и оксидных включений. После остывания сварного соединения необходимо сколоть с него шлаковую корку.

Связующие и цементирующие (калиевое жидкое стекло $K_2O \cdot SiO_2$, натриевое жидкое стекло $Na_2O \cdot SiO_2$) – связывают все компоненты покрытия.

Электродное покрытие образуется из хорошо размолотых и перемешанных материалов, связанных жидким стеклом. Его наносят на сварочную проволоку, предварительно нарезанную на отрезки длиной от 350 до 450 мм. На один из концов отрезка покрытие не наносят. Он служит для закрепления электродов при их сушке, а при сварке – для крепления в электрододержателе.

В справочниках, кроме марки сварочной проволоки, указывают марку электродного покрытия, а также содержатся рекомендации по использованию электродов.

По назначению в зависимости от свариваемых материалов:

- У – для сварки углеродистых сталей;
- Л – легированных конструкционных сталей;
- Т – легированных теплоустойчивых сталей,
- В – высоколегированных сталей с особыми свойствами;
- Н – наплавки поверхностных слоев.

По толщине покрытия

- М – тонкие покрытия $D/d < 1,2$;
- С – средние покрытия $1,2 < D/d < 1,45$;
- Д – толстые покрытия $1,45 < D/d < 1,8$;
- Г – особо толстые покрытия $D/d > 1,8$,

где D – диаметр электрода с покрытием, d – диаметр сварочной проволоки.

По виду покрытия:

- А – с кислым покрытием;
- Б – с основным покрытием;
- Ц – с целлюлозным покрытием;
- Р – с рутиловым покрытием;
- П – с прочими покрытиями.

Кроме того, электроды классифицируются по технологическим особенностям (сварка в различных положениях), по роду тока и полярности применяемого тока, а также по другим признакам. Полная маркировка электрода:

Э46А-УОНИ 13/45-4,0-УД2

Е432(5)-Б10,

это расшифровывается:

- Э – электроды для электродуговой сварки;
- 46 – минимальный гарантируемый предел прочности (460 МПа);
- УОНИ-13/45 – марка электродного покрытия;
- 4,0 – диаметр электрода, мм;
- У – электроды для сварки углеродистой и низколегированной стали;
- Д2 – электроды с толстым покрытием второй группы точности;
- Е – индекс, характеризующий свойства металла сварного шва;
- 43 – предел прочности на разрыв (не менее 460 МПа);
- 2 – относительное удлинение не менее 22 %;
- 5 – индекс, характеризующий ударную вязкость металла – 34,3 Дж/см при температуре минус 40°C;
- Б – основное покрытие;
- 1 – сварка во всех пространственных положениях;
- 0 – на постоянном токе обратной полярности.

Полная маркировка не содержит сведений о марке сварочной проволоки, что вызывает необходимость повторного обращения к стандарту.

Обычно производители электродов используют сокращенную маркировку

ку. Например, марка электродного покрытия УОНИ-13/45, марка сварочной проволоки – Св-08.

2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ ВАННЫ

Разработка технологического процесса сварки включает в себя:

- выбор типа сварного соединения;
- определение оптимального режима сварки;
- определение порядка наложения сварных швов;
- выбор сварочного оборудования.

2.1 Сварные соединения

В промышленности используют достаточно много типов сварных соединений:

- стыковые;
- угловые;
- тавровые,
- нахлесточные.

В табл. 2 приведены некоторые типы стыковых сварных соединений, а в табл. 3 – угловых.

В настоящей работе рассматриваются односторонние (У4, У6) и двухсторонние (У5, У7) угловые сварные соединения без разделки кромок и с разделкой одной кромки (см табл. 4).

Тип сварного соединения приведен в варианте задания (см. главу 7).

2.1.1 ПЛОЩАДИ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ СВАРНЫХ ШВОВ И СОЕДИНЕНИЯ

Площадь поперечного сечения основного наружного шва определяют по следующей формуле:

$$S_{осн} = \frac{A^2}{2} \cdot K_y, \text{ мм}^2, \quad (9)$$

где K_y – коэффициент увеличения. Коэффициент увеличения выбирают по табл. 3 в зависимости от величины катета А. Коэффициент увеличения учитывает наличие зазора между свариваемыми деталями и выпуклость (полноту) шва.

Площадь поперечного сечения внутреннего подварочного шва определяют аналогично:

$$S_{вн} = \frac{C^2}{2} \cdot K_y, \text{ мм}^2. \quad (10)$$

K_y выбирают по табл. 3 в зависимости от величины катета С.

Таблица 2 – Стыковые сварные соединения при ручной дуговой сварке





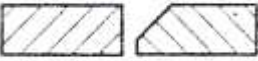



Форма подготовленных кромок	Характер сварного шва	Форма поперечного сечения		Толщина свариваемых деталей, мм.	Условное обозначение соединения
		подготовленных кромок	сварного соединения		
С отбортовкой кромок	Односторонний			1...4	C1
Без скоса кромок					C2
Со скосом одной кромки					3...60
С двумя симметричными скосами кромок	Двухсторонний			8...120	C25

Таблица 3 – Коэффициент увеличения K_y

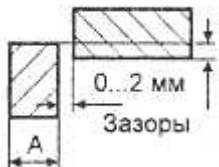
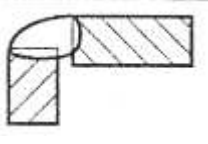
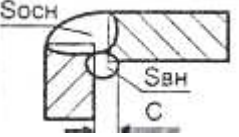
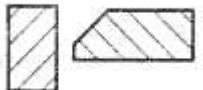
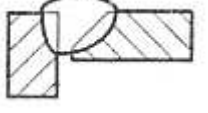
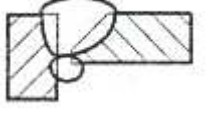
Катет шва А или С, мм	2,5...3	3,5...4	4,5...5,5	5,5...6
Коэффициент увеличения, K_y	1,5	1,45	1,4	1,35

Общая площадь поперечного сечения сварного соединения

$$S = S_{\text{осн}} + S_{\text{вн}}, \text{ мм}^2. \quad (11)$$

Толщину свариваемых заготовок А (толщина стенок ванны) и величину катета подварочного шва С выбирают в соответствии с вариантом задания (см. главу 7).

Таблица 4 – Угловые сварные соединения при ручной дуговой сварке (ГОСТ 5264-80)

Форма подготовленных кромок	Характер сварного шва	Форма поперечного сечения		Толщина свариваемых деталей, мм	Условное обозначение соединения
		подготовленных кромок	сварного соединения		
Без скоса кромок	Одно-сторонний			1...30	У4
	Двух-сторонний				
Со скосом одной кромки	Одно-сторонний			3...60	У6
	Двух-сторонний				

2.2 Порядок, последовательность и направление наложения швов

Швы длиной до 250 мм можно варить на проход (рис. 10). Сварка на проход от середины к краям рекомендуется при длине шва 250...500 мм. При большей длине шва рекомендуется обратноступенчатая сварка. Шов выполняют короткими отрезками 1...4.

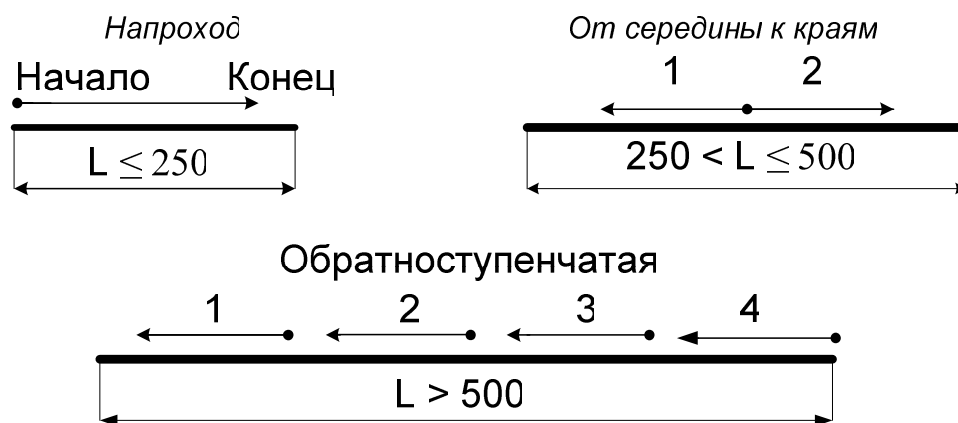


Рис. 10 – Последовательность и направление наложения швов

Для уменьшения коробления свариваемой ванны необходимы определенный порядок и последовательность наложения сварных швов. На рис 11 приведен эскиз ванны с размерами, соответствующими примеру оформления отчета. Порядок наложения швов аналогичен во всех вариантах задания. Последовательность может быть разной.

В вариантах с двухсторонними сварными соединениями У5 и У7 листы сначала прихватывают короткими внутренними подварочными швами, расположенными на расстоянии до 250 мм один от другого. Затем проваривают внутренний подварочный шов полностью. Подварочными швами соединяют все элементы ванны. После этого ванну переворачивают и выполняют основные наружные швы. В вариантах с односторонними сварными соединениями У4 и У6 внутренние швы не выполняют. Листы прихватывают снаружи. Затем полностью проваривают наружные швы.

2.3 Режим сварки и выбор оборудования

Режим сварки – совокупность характеристик сварочного процесса, обеспечивающих получение сварного шва заданного размера, формы и качества. При сварке открытой дугой такими характеристиками являются:

- марка и диаметр электрода;
- напряжение дуги;
- сила сварочного тока;
- род тока и полярность;
- скорость сварки.

2.3.1 МАРКА ЭЛЕКТРОДА

При выборе марки электрода следует учитывать химический состав свариваемой стали и требования, предъявляемые к качеству сварного соединения. Марку сварочной проволоки и марку электродного покрытия выбирают по табл. 6 в зависимости от марки свариваемой стали. Для расшифровки марки стали и сварочной проволоки следует изучить разделы 1.5 и 1.6.

2.3.2 ДИАМЕТР ЭЛЕКТРОДА

Диаметр электрода выбирают в зависимости от толщины свариваемого металла (табл. 5).

Таблица 5 – Выбор диаметра электрода

Толщина свариваемых листов, мм	3	4	5	6
Диаметр электрода без электродного покрытия, мм	3	3	4	5

Таблица 6 – Электроды для сварки сталей

Марка электрода		Коэффициент расхода электродов на 1кг наплавленного металла, к	Коэффициент плавки Кн, г/(А ч)	Род тока	Полярность	Марка свариваемой стали
Марка электродного покрытия	Марка сварочной проволоки					
АНО-4С МР-3	Св-08 или Св-08А	1,7	8,5	Постоянный	Любая	Низкоуглеродистые Ст4, Сталь 20
				Переменный		С 1, Сталь 15
		1,6		Постоянный	Обратная	Ст 3, Сталь 25
				Переменный	.	Ст 2, Сталь 10
Э-138/50Н	Св-10ГН	1,7	9	Постоянный	Обратная	Низколегированные 12ГС, 15ГФ, 14Г2.14ХГС
ЦЛ-45	Св-08ХМ	1,65	9,5			15ХСНД. 12Х1МФ, 15Х1М1Ф.10ХСНД
ЭА-395/9	Св-10Х16Н25 АМ6	1,6	11			Легированные 08Х12Н8К5М2Т, 08Х12Н7К7М4
ЭА-400/10У	Св-04Х19Н11 М3	1,8	12			10Х17Н13М2Т, 08Х18Н10Т

2.3.3 СИЛА СВАРОЧНОГО ТОКА

Силу сварочного тока определяют по следующей формуле:

$$I_{св} = I_{уд} \cdot d_{эл}, \text{ А} \quad (12)$$

где $I_{уд}$ – удельный сварочный ток, приходящийся на 1 мм диаметра электрода, А/мм.

Значение $I_{уд}$ для сварки легированных и низкоуглеродистых сталей приведены в табл. 7. Меньшие значения силы тока используют при сварке легированных сталей, обладающих малым коэффициентом теплопроводности, с целью уменьшения перегрева. Большие значения удельного тока используют для определения силы тока при сварке низкоуглеродистых сталей.

Таблица 7 – Сила тока $I_{уд}$, приходящаяся на 1 мм диаметра электрода

Легированные стали	$I_{уд} = 45... 45 \text{ А/мм}$
Низкоуглеродистые стали	$I_{уд} = 45... 50 \text{ А/мм}$

2.3.4 ВЫБОР СВАРОЧНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ

Вид сварочного источника питания определен в задании. Если в номере варианта есть буква П, используйте сварочный преобразователь, В – выпрямитель. Если буквы нет – трансформатор. Легированные стали рекомендуется сваривать только на постоянном токе (сварочный преобразователь, выпрямитель). Причем лучше использовать обратную полярность, чтобы не допустить перегрева и выгорания легирующих элементов. Используя табл. 8, выбирают сварочный аппарат, в диапазон регулирования которого попадает рассчитанное значение $I_{св}$.

2.3.5 НАПРЯЖЕНИЕ ДУГИ

Рабочее напряжение дуги определяется ее длиной и колеблется в пределах $U_d = 20...40 \text{ В}$ (см. табл. 8).

Таблица 8 – Технические характеристики сварочных источников питания

Вид аппарата	Тип	Диапазон регулирования сварочного тока $I_{св}$, А	Напряжение, В		Мощность, кВт	Размеры, мм	Масса, кг
			рабочее U_d	холостого хода, $U_{хх}$			
Трансформатор	ТСБ-90	60...100	20	36	3,3	203	30
	ТД-102У2	60...160	26	70	11,2	370	42
	ТД-300 У2	70...365	32	61,80	19,4	350	137
	ТД-500 У2	90...650	30	59,76	32,0	570	200
Выпрямитель	ВКС-120	30.. 130	25	65	4,8	785	242
	ВД-201 У3	30... 200	28	68	15,0	628	120
	ВД-502-1	50... 500	40	80	42,0	953	348
Преобразователь	ПСО-120	30 ...120	25	48... 65	4,0	1055	155
	ПСУ-300	50.. 300	30	48	28,0	550	315
	ПСУ-500-2	60... 500	40	65	30,0	730	595

2.3.6 РОД ТОКА И ПОЛЯРНОСТЬ

Род тока и полярность выбирают в зависимости от физико-механических свойств свариваемой стали и используемой марки электрода. С целью упрощения выбора в табл. 6 подобраны и заданы род тока и полярность для конкретных марок сталей и электродов.

Низкоуглеродистые стали можно сваривать как на переменном токе, так и на постоянном. Сварка на постоянном токе – и тем более с использованием обратной полярности – позволяет повысить качество сварного соединения.

2.3.7 МАССА НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА

Масса наплавленного металла основных наружных швов

$$G_H^{осн} = \frac{S_{осн}}{1000} \cdot L_{осн} \cdot \rho, \text{ Г}, \quad (13)$$

где $S_{осн}$ – площадь поперечного сечения основного наружного шва, мм²; $L_{осн}$ – суммарная длина основных сварных швов, мм; $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$ – плотность наплавленного металла.

Массу наплавленного металла подварочных швов находят аналогично:

$$G_H^{вн} = \frac{S_{вн}}{1000} \cdot L_{вн} \cdot \rho, \text{ г}, \quad (14)$$

где $S_{вн}$ – площадь подварочного шва, мм²; $L_{вн}$ – суммарная длина подварочных сварных швов, мм.

Общая масса наплавленного металла сварных соединений при соединении элементов металлической ванны:

$$G_H = G_H^{осн} + G_H^{вн}, \text{ г}. \quad (15)$$

2.3.8 РАСХОД ЭЛЕКТРОДОВ

Расход электродов на изготовление металлической ванны

$$G_{эл} = k \cdot G_H, \text{ г}, \quad (16)$$

где $k = 1,6...1,8$ – коэффициент расхода электродов на 1кг наплавленного металла. В табл. 6 заданы конкретные значения k . Коэффициент расхода k учитывает:

- массу электродного покрытия;
- потери металла на угар, разбрызгивание и огарки.

2.3.9 ВРЕМЯ СВАРКИ

Время, необходимое для выполнения сварочных работ:

$$T_{св} = T_{осн} + T_{обсл} + T_{под} + T_{отд}, \text{ ч}, \quad (17)$$

где $T_{осн}$ – основное технологическое время, ч; $T_{обсл}$ – время, затрачиваемое на обслуживание оборудования, ч; $T_{под}$ – подготовительное время на получение электродов, инструмента и др., ч; $T_{отд}$ – время, затрачиваемое на отдых, ч.

Основное технологическое время рассчитывают, используя следующую формулу:

$$T_{осн} = \frac{G_H}{K_H \cdot I_{св}}, \quad (18)$$

где G_H – масса наплавленного металла; K_H – коэффициент наплавки, г/(А • ч); $I_{св}$ – сила сварочного тока, А.

Коэффициент наплавки K_H [г/(А • ч)] – масса наплавленного на поверхность детали металла в граммах за 1 час, приходящаяся на силу тока в 1 ампер. В табл. 6 даны величины коэффициента наплавки для различных марок электродов.

Окончательно время, необходимое для выполнения сварочных работ при наложении внутреннего и основного швов определяют по следующей формуле:

$$T_{св} = \frac{T_{осн}}{K_{исп}}, \text{ ч}, \quad (19)$$

где $K_{исп}$ – коэффициент использования сварочного поста.

Коэффициент использования сварочного поста $K_{исп}$ учитывает время на обслуживание оборудования, получение материалов, отдых и др. Значения коэффициента использования приведены в табл. 9.

Таблица 9 – Значения коэффициента использования.

Коэффициент использования сварочного поста $K_{исп}$.	
при работе в цехе	0,6.. .0,8
при монтажных работах	0,5...0,7

2.3.10 ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ И СКОРОСТЬ СВАРКИ

Производительность сварки

$$G = K_H \cdot I_{св}, \text{ Г/ч.} \quad (20)$$

Скорость сварки при формировании основного шва

$$v_{св}^{осн} = \frac{K_H \cdot I_{св}}{\rho \cdot S_{осн}}, \text{ М/ч.} \quad (21)$$

Скорость сварки при формировании внутреннего шва

$$v_{св}^{вн} = \frac{K_H \cdot I_{св}}{\rho \cdot S_{вн}}, \text{ М/ч.} \quad (22)$$

2.3.11 РАСХОД ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Расход электроэнергии рассчитывают, используя следующую формулу

$$Q = 0,001 \cdot U_d \cdot I_{св} \cdot T_{осн}, \quad (23)$$

где U_d – рабочее напряжение дуги, В; $I_{св}$ – сила сварочного тока, А; $T_{осн}$ – основное технологическое время сварки, ч.

3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Получить задание у преподавателя.
2. Изучить сварочное оборудование и основные схемы сварки.
3. Пользуясь примером оформления отчета, выполнить необходимые эскизы, выбрать сварочный источник питания, электроды и рассчитать режим сварки ванны в соответствии с вариантом задания.

4. ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЕТА

Практическая работа: "Разработка технологического процесса ручной электродуговой сварки", вариант № X.

1. Дано (см. главу 6. Варианты заданий)

№ вариан-та	Размеры ванны, мм			Толщина стенок А, мм	Тип соединения	Катет шва С, мм	Материал заготовок	
	<i>b</i>	<i>l</i>	<i>h</i>				Группа сталей	Обозначение
X	200	400	100	5	У5	4,7	Качественные низкоуглеродистые конструкционные стали	Сталь 10
Работа в цехе (см. табл. 9)								

3. Эскиз металлической ванны с размерами

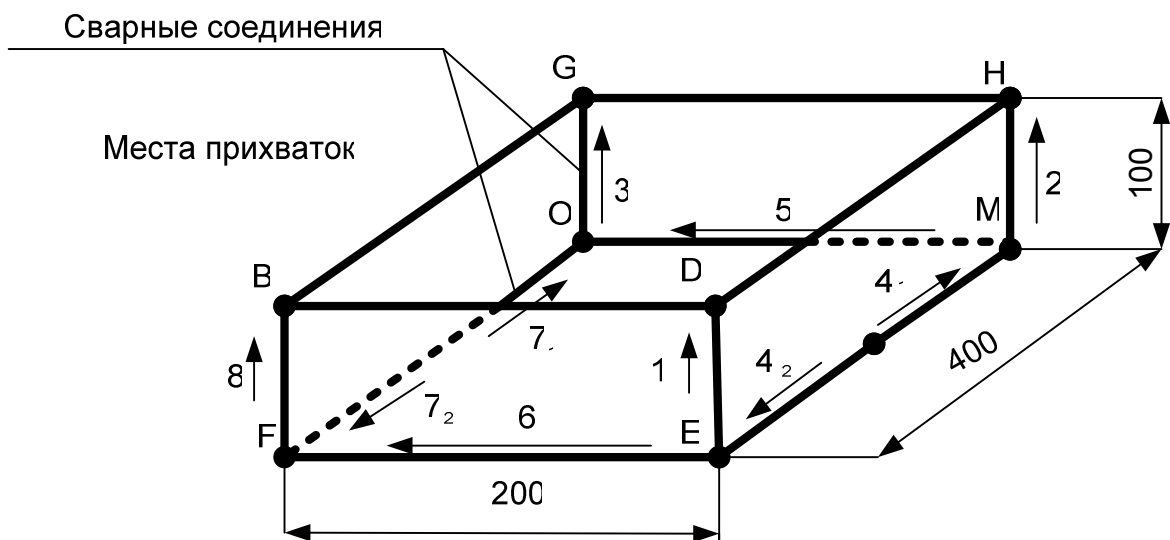


Рис. 11– Эскиз металлической ванны с размерами:

- *порядок наложения швов указан большими цифрами,*
- *последовательность – маленькими цифрами,*
- *направление сварки – стрелочкой*

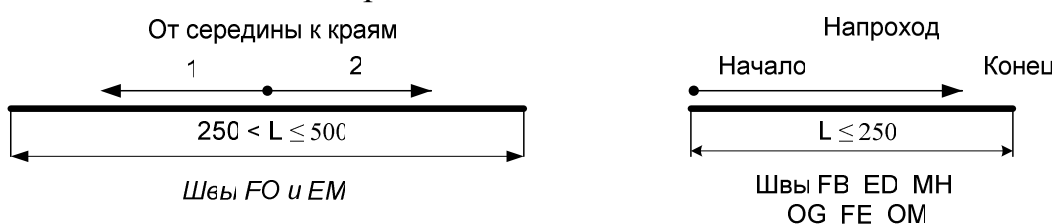
Выполните рисунок, аналогичный рис. 11, для своего варианта задания с размерами в масштабе.

Укажите места прихваток.

Укажите порядок, последовательность и направление наложения швов.

Если используете односторонние сварные соединения У4 и У6, исключите из дальнейших расчетов подварочные швы. Суммарная длина основных наружных швов $l_{осн} = 200 \cdot 2 + 400 \cdot 2 + 100 \cdot 4 = 1600$ мм. Будем считать, что суммарная длина внутренних подварочных швов равна длине основных $l_{вн} = 1600$ мм. Длина сварных соединений $l = 1600$ мм. Толщина заготовок $A = 5$ мм. Все швы угловые двухсторонние впритык.

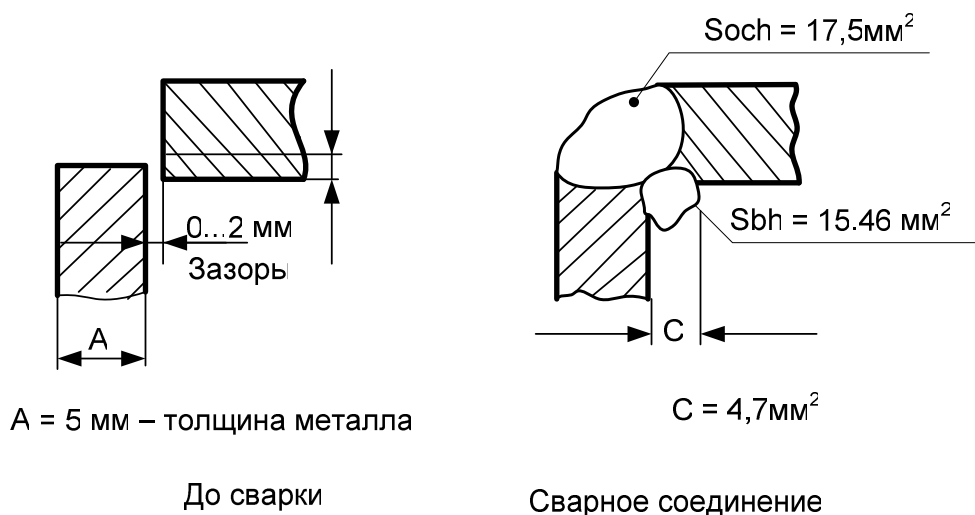
3. Последовательность и направление наложения швов:



Швы FO и EM варят напроход от середины к краям
 Швы FB ED MH OG FE и OM можно варить напроход
 Поскольку они короче 250мм

4. Материал заготовок – качественная низкоуглеродистая конструкционная Сталь 10, содержащая 0,1% углерода.

5. Эскизы сварного соединения – двухстороннее угловое сварное соединение без разделки кромок



Площадь поперечного сечения основного наружного шва

$$S_{осн} = \frac{A^2}{2} \cdot K_y = \frac{5^2}{2} \cdot 1,4 = 17,5 \text{ мм}^2.$$

Площадь поперечного сечения внутреннего подварочного шва

$$S_{вн} = \frac{C^2}{2} \cdot K_y = \frac{4,7^2}{2} \cdot 1,4 = 15,46 \text{ мм}^2.$$

Общая площадь поперечного сечения сварного соединения
 $S = S_{осн} + S_{вн} = 17,5 + 15,46 = 32,96 \text{ мм}^2.$

6. Выбор марки электродного покрытия и сварочной проволоки

В соответствии с табл. 6 выбран электрод с электродным покрытием МР-3. Марка сварочной проволоки – Св-08 или Св-08А. Сварочная проволока содержит 0,08% углерода. Буква А указывает на повышенную чистоту металла по содержанию вредных примесей – серы и фосфора.

7. Характеристики электрода в соответствии с табл. 6:

- марка электродного покрытия – МР-3;
- марка проволоки – Св-0,8 или Св-08А;
- расход электродов на 1 кг наплавленного металла $k = 1,6 \text{ кг}$;
- коэффициент наплавки $K_n = 8,5 \text{ г}/(\text{А} \cdot \text{ч})$;
- род тока – переменный;

8. Диаметры электродов для наружного и внутреннего швов. В соответствии с табл. 5 диаметр $d_{эл} = 4 \text{ мм}$.

9. Сила сварочного тока.

$I_{св} = I_{уд} \cdot d_{эл} = 45 \cdot 4 = 180 \text{ А}$ в соответствии с табл. 7.

10. Выбор сварочного источника.

Для сварки Стали 10 можно использовать как переменный, так и постоянный ток. В табл. 6 рекомендован переменный ток. Поэтому в соответствии с табл. 8 выбран сварочный трансформатор ТД-300 У2, имеющий следующие технические характеристики:

- пределы регулирования сварочного тока – 70...365 А;
- напряжение питающей сети – 380 В;
- рабочее напряжение – 32 В;
- напряжение холостого хода – 80 В;
- мощность – 19,4 кВт;
- размеры – 692 • 710 • 620 мм;
- масса – 137 кг.

11. Принципиальная электрическая схема сварочного трансформатора с подвижной катушкой вторичной обмотки: выполните рис. 7.

12. Принципиальная схема сварки переменным током: выполните рис. 2.

13. Конструктивная схема сварочного трансформатора с подвижными катушками вторичной обмотки: выполните рис. 6.

В том случае, если используется постоянный ток, не выполняйте рис. 6. При использовании сварочного преобразователя выполните рис. 3, выпрямителя – рис. 4.

14. Расход электродов для сварки.

Масса наплавленного металла основных наружных швов:

$$G_H^{осн} = \frac{S_{осн}}{1000} \cdot L_{осн} \cdot \rho = \frac{17,5}{1000} \cdot 1600 \cdot 7,8 = 218 \text{ г}.$$

Масса наплавленного металла внутренних подварочных швов

$$G_H^{BH} = \frac{S_{BH}}{1000} \cdot L_{BH} \cdot \rho = \frac{15,46}{1000} 1600 \cdot 7,8 = 193 \text{ г.}$$

Общая масса наплавленного металла:

$$G_H = G_H^{OCH} + G_H^{BH} = 218 + 193 = 411 \text{ г.}$$

$$\text{Расход электродов } G_{эл} = k \cdot G_H = 1,6 \cdot 411 = 658 \text{ г.}$$

15. Продолжительность сварки.

Основное технологическое время:

$$T_{OCH} = \frac{G_H}{K_H \cdot I_{CB}} = \frac{411}{8,5 \cdot 180} = 0,269 \text{ ч.}$$

Время выполнения сварочных работ:

$$T_{CB} = \frac{T_{OCH}}{K_{исп}} = \frac{0,269}{0,8} = 0,336 \text{ ч.}$$

16. Скорость сварки.

Скорость сварки при формировании основного шва:

$$v_{CB}^{OCH} = \frac{K_H \cdot I_{CB}}{\rho \cdot S_{OCH}} = \frac{8,5 \cdot 180}{7,8 \cdot 17,5} = 11,21 \text{ м/ч.}$$

Скорость сварки при формировании внутреннего шва

$$v_{CB}^{BH} = \frac{K_H \cdot I_{CB}}{\rho \cdot S_{BH}} = \frac{8,5 \cdot 180}{7,8 \cdot 15,46} = 12,69 \text{ м/ч.}$$

17. Производительность сварки

$$C = K_H \cdot I_{CB} = 8,5 \cdot 180 = 1530 \text{ г} \cdot \text{ч.}$$

18. Расход электроэнергии:

$$Q = 0,001 \cdot U_d \cdot I_{CB} \cdot T_{OCH} = 0,001 \cdot 32 \cdot 180 \cdot 0,269 = 1,549 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Преимущества и недостатки сварки постоянным и переменным током.
2. Схемы сварки постоянным и переменным током.
3. Устройство сварочного трансформатора.
4. Марки сварочных электродов и их назначение.
5. Назначение и состав электродных покрытий.
6. Маркировка химических элементов.
7. Крутопадающая и пологопадающая внешняя вольтамперная характеристика сварочного источника тока.
8. Порядок снятия вольтамперной характеристики сварочного трансформатора. Как получить режимы $I_{кз}$, $U_{хх}$, $I_{кор}$ и $I_{дл}$
9. Зона рабочих токов I_d и зона рабочих напряжений дуги U_d .
10. Угловые сварные соединения.
11. Основные и подварочные швы.
12. Порядок наложения сварочных швов.
13. Последовательность определения режима сварки.
14. Выбор диаметров электродов для наложения основного и подварочного швов.
15. Сила тока, приходящаяся на 1 мм диаметра электрода.
16. Определение продолжительности сварки.
17. Определение массы наплавленного металла и расхода сварочных электродов.

6. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

№ варианта	Размеры ванны, мм			Толщина стенок А, мм	Катет шва С, мм	Материал заготовок	
	b	i	h	Тип соединения		Группа сталей	Обозначение
	Работа в цехе (см. табл. 9)						
1	400	500	200	3 :У5	2,5	Конструкционные низкоуглеродистые стали обыкновенного качества	Ст 2
2	400	500	200	3 :У7	2,6		Ст 4
3	400	600	200	4 :У5	3,5		Ст 1
4	400	600	200	4 :У7	3,6		Ст 3
5	400	700	200	5 :У5	4,5		Ст 2
6	400	700	200	5 :У7	4,6		Ст 4
7	400	800	200	6 :У5	5,5		Ст 1
8	400	800	200	6 :У7	5,6		Ст 3
9	500	800	400	3 :У5	2,7	Качественные низкоуглеродистые конструкционные стали	Сталь 10
10	500	800	400	3 :У7	2,8		Сталь 20
11	600	800	400	4 :У5	3,7		Сталь 15
12	600	800	400	4 :У7	3,8		Сталь 25
13	700	800	400	5 :У5	4,7		Сталь 10
14	700	800	400	5 :У7	4,8		Сталь 20
15	800	800	400	6 :У5	5,7		Сталь 15
16	800	800	400	6 :У4			Сталь 25
Монтажные работы (см. табл. 9)							
17	600	1000	300	3 :У6	Низколегированные конструкционные стали	12ГС	
18	600	1000	300	3 :У4		15ХСНД	
19	600	1000	400	4 :У6		15ГФ	
20	600	1000	400	4 :У4		12Х1МФ	
21	600	1000	500	5 :У6		14Г2	
22	600	1000	500	5 :У4		15Х1М1Ф	
23	600	1000	600	6 :У6		14ХГС	
24	600	1000	600	6 :У4		10ХСНД	
25	400	900	200	3 :У6	Легированные жаропрочные стали	0812Н8К5М2Т	
26	400	900	200	3 :У4		10Х17Н13М2Т	
27	900	800	400	4 :У6		08Х12М7К7М4	
28	900	800	400	4 :У4	Легированные коррозионные стали	08Х17Н10Т	
29	600	1000	700	5 :У6		08Х12Н8К5М2Т	
30	600	1000	700	5 :У4		08Н18Н10Т	

Навчальне видання

Методичні вказівки
до практичної роботи
з дисципліни

“МЕТАЛИ І ЗВАРЮВАННЯ В БУДІВНИЦТВІ”

*(для студентів 4 курсу заочної форми навчання
напряму підготовки 6.060101 "Будівництво"
спеціальності "Промислове і цивільне будівництво")*

(Рос. мовою)

Укладачі: **СИДОРЕНКО** Віктор Федорович
ГАРБУЗ Нона Володимирівна
ВЕРХУША Олександр Олексійович

Відповідальний за випуск *В. Ф. Далека*

Редактор *О. Ю. Кригіна*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2010, поз. 183М

Підп. до друку 20. 12. 2011 р.
Друк на ризографі.
Зам. №

Формат 60 x 84/16
Ум. друк. арк. 2
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства ім. О. М. Бекетова,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 4064 від 12.05.2011 р.