

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам по дисциплинам
«Технология конструкционных материалов» и
«Технология материалов и покрытий»

**Технология получения неразъемных соединений методом
точечной контактной, газовой и электродуговой сварки**

Новосибирск
2011

Министерство общего и профессионального образования
Российской Федерации

Новосибирский государственный технический университет

Методические указания

к лабораторным работам по дисциплинам

«Технология конструкционных материалов» и

«Технология материалов и покрытий»

для студентов III и IV курсов МТФ и I курса ФЛА дневного обучения

Технология получения неразъемных соединений методом
точечной контактной, газовой и электродуговой сварки

Новосибирск
2011

В методических указаниях рассмотрен теоретический материал, посвященный методу точечной контактной сварки и определению механических свойств полученных соединений; методам газовой и электродуговой сварки, дана последовательность выполнения индивидуального задания – выбора режима сварки, позволяющего обеспечить требуемые свойства сварного соединения. Выполнение этих работ предусмотрено учебным планом подготовки III и IV курсов МТФ и I курса ФЛА (дисциплины «Технология конструкционных материалов» и «Технология материалов и покрытий»)

Составители: *к.т.н., доц. А.Г. Тюрин,*
к.т.н., доц. А.А. Никулина,
ассист. А.Ю. Огнев

Рецензент: *к.т.н. доц. А.И. Смирнов*

Работа подготовлена кафедрой
«Материаловедение в машиностроении»

Новосибирский государственный
технический университет, 2011 г.

ТОЧЕЧНАЯ КОНТАКТНАЯ СВАРКА

Цель работы: Изучение точечной контактной сварки путем выбора технологических параметров процесса в соответствии с индивидуальным заданием, практического выполнения сварки и обработки полученных результатов.

1. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА РЕЖИМА СВАРКИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Контактная сварка - сварка, при которой производится сдавливание и нагрев деталей теплом, выделяющимся при протекании электрического тока через детали и контакт. Поэтому сварка называется контактной. С физической точки зрения соединение при контактной сварке образуется за счет сил межатомного взаимодействия. При сварке давлением сдавливание (осадка) приводит к пластической деформации и сближению слоев металла в зоне контакта, в результате чего:

- 1) уменьшается его электросопротивление, и увеличивается тепловой эффект при пропускании тока;
- 2) уплотняется расплавленный металл, и отсутствуют литейные дефекты (раковины, рыхлота);
- 3) удаляется из зоны сварки загрязнённый и окисленный металл.

Для снижения осадочного давления применяют нагрев до состояния высокой пластичности.

Существует четыре вида контактной сварки по типу соединения:

1) точечная (рис. 1.1,а) - детали свариваются не по всей поверхности контакта, а в отдельных точках, соответствующих контактам с электродами; через электроды передается усилие осадки, свариваемые листы собирают чаще всего внахлест;

2) рельефная (рис. 1.1,б) - детали свариваются аналогично точечной сварке - в отдельных точках; положение этих точек соответствует выступам на одной или обеих свариваемых поверхностях, усилие передается через электроды - плиты, между которыми зажимаются свариваемые детали;

3) шовная (рис. 1.1,в) - детали соединяются швом, состоящим из отдельных сварных точек, перекрывающих или не перекрывающих одна другую; шовная сварка выполняется с помощью одного или двух вращающихся электродов; через них же передается усилие осадки;

4) стыковая (рис. 1.1,г) - детали свариваются по всей контактной поверхности под воздействием нагрева и сжимающего усилия. Бывает стыковая сварка с оплавлением и без оплавления.

Наиболее широко применяется точечная сварка. При контактной сварке в шве и околошовной зоне происходят сложные тепловые явления и пластическая деформация, которые определяют структуру, а, следовательно, механические свойства сварного соединения.

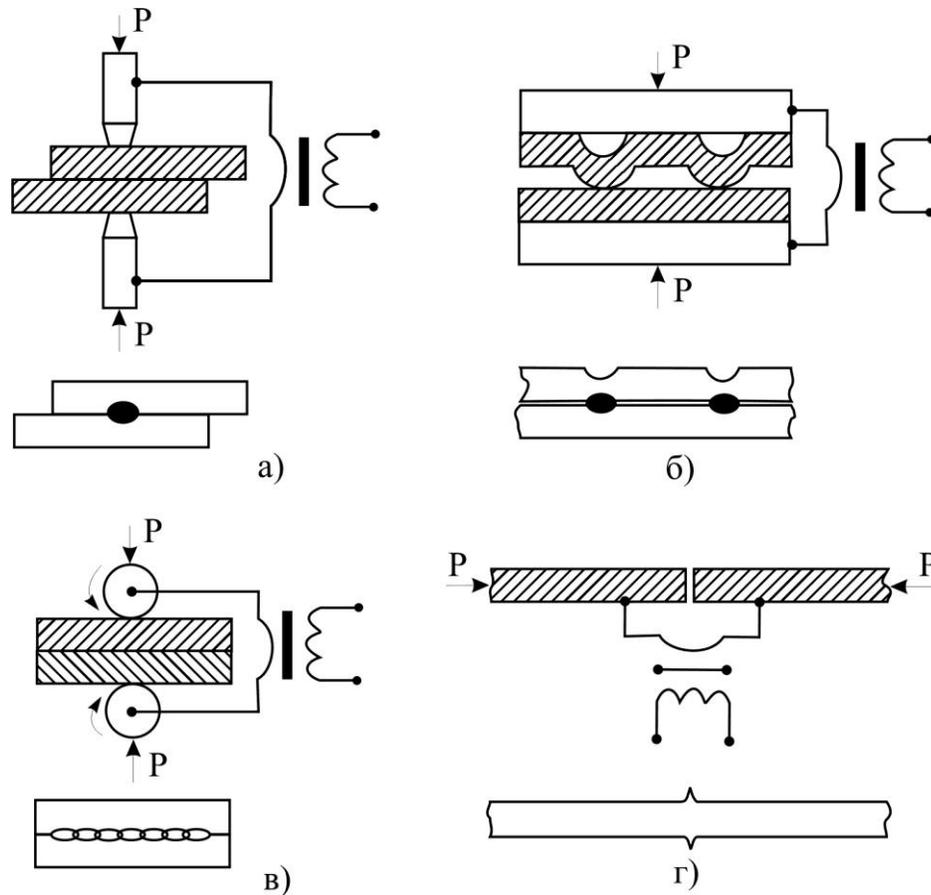


Рис. 1.1. Схемы процессов и швов, условные обозначения видов контактной сварки: а – точечная (K_T); б – рельефная (K_B); в – шовная (K_P); г – стыковая (K_C).

1.1. Электрические параметры процесса

Как было сказано, при контактной сварке используется тепло, выделяющееся при прохождении тока по проводнику (в данном случае в сварочной цепи). Его количество подсчитывается по формуле Джоуля-Ленца

$$Q = 0.24I^2R\tau = 0.24\frac{U^2}{R}\tau, \quad (1)$$

где R - омическое сопротивление проводника, Ом;

I - ток, А;

τ - время, с;

U - напряжение, В.

Сопротивление R проводника - сопротивление сварочной цепи.

В случае точечной сварки оно состоит из ряда слагаемых:

$$R = 2R_m + R_k + 2R_\varepsilon, \quad (2)$$

где R_m - сопротивление свариваемого металла, Ом;

R_k - сопротивление контакта между деталями, Ом;

$R_{\text{э}}$ - сопротивление контакта между электродом и деталью, Ом.

Сравнительно малым значением сопротивления медных электродов пренебрегаем. Так как Q находится в квадратичной зависимости от силы тока, то для получения максимального теплового эффекта следует уменьшить сопротивление цепи.

Сопротивление контакта между пластинами R_k уменьшают, сближая их сдавливанием и очищая окисные пленки и загрязнения перед сваркой. В контакте выделяется полезное тепло. Тепло, выделяющееся между электродом и деталью, является вредным, так как поджаривает поверхность электродов и ускоряется их износ.

Выделение тепла сопровождается и его потерями. Тепловое равновесие наступает очень быстро, поэтому продолжительность контактной сварки всегда мала.

1.2. Виды режимов точечной сварки

Под режимом сварки следует понимать совокупность параметров данного способа сварки, задаваемых сварочной машиной, а также форму и размеры электродов. Режим сварки зависит от физических свойств свариваемого металла и размеров деталей. Основными параметрами режимов точечной сварки являются сила тока I , длительность его протекания τ и усилие P .

Для получения максимального теплового эффекта согласно формуле (1) следует обеспечить в установке максимальную силу тока, что достигается с помощью трансформатора.

Режимы условно делятся на "мягкие" и "жесткие". Мягкий режим характеризуется умеренной силой тока, относительно большой длительностью его протекания, более плавным нагревом, уменьшенной мощностью сварки. При жестком режиме используется ток большой силы, при меньшей длительности процесса; жесткие режимы требуют машин повышенной мощности.

Основные параметры процесса (P и I) выражаются во времени циклограммой определенного типа для каждого вида сварки. При точечной сварке применяются следующие типы циклограмм (рис. 1.2);

а) самая типичная; точечная сварка всегда начинается с предварительного сжатия деталей для обеспечения хорошего контакта. Ток и давление во время сварки постоянны. Давление снимается несколько позже выключения тока, чтобы успела затвердеть и охладиться точка в сжатой оболочке;

б) сварка с проковкой - после выключения тока давление возрастает еще больше; точка формируется в силовом поле, поэтому имеет лучшую структуру литого ядра и выше прочность;

в) циклограмма, применяющаяся при сварке толстых листов, сначала они обжимаются повышенным давлением для тесного контакта, затем давление снижается до рабочего для усиления теплового эффекта в контакте и на деталях; после выключения тока - проковка.

Расчетные методы определения основных параметров режимов контактной сварки разработаны недостаточно полно, поэтому режим сварки конкретных деталей определяют опытным путем. Так, установлено, что сила тока, время сварки, усилие меняются линейно в зависимости от толщины деталей.

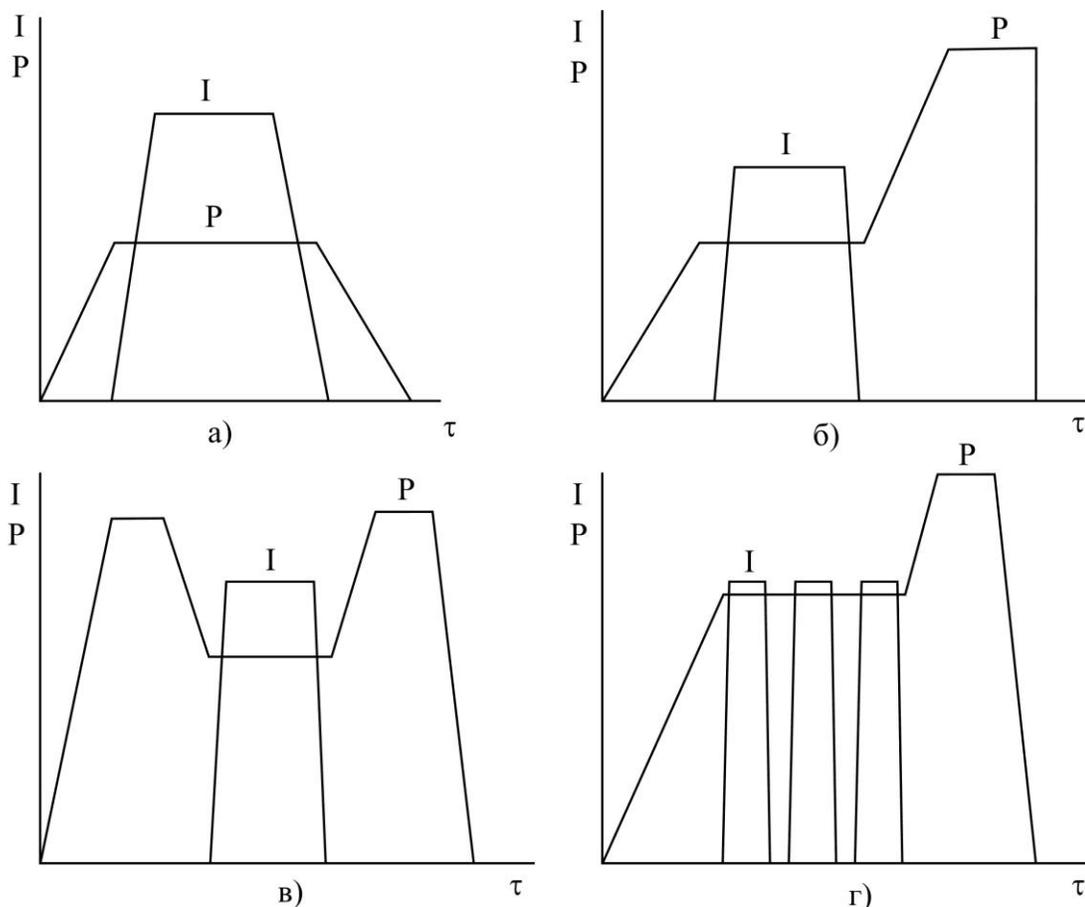


Рис. 1.2. Схемы циклограмм при точечной сварке: а – наиболее типичный вариант; б – проковка после окончания сварки; в – предварительное обжатие толстых листов и проковка после сварки; г – подача тока импульсами.

1.3. Выбор вида, размеров соединений и способа точечной сварки

При точечной сварке соединяются листы, собранные внахлест, или стержни. Так как необходимое давление быстро возрастает с увеличением толщины деталей, а прочность электродов, передающих давление, ограничена, точечная сварка применяется в основном для деталей небольшой толщины, не более 7 мм. Толщина свариваемых деталей может быть одинаковой или разной, при этом соотношение толщин не должно быть больше чем 1:3.

При любом способе сварки требуется очистка свариваемых поверхностей от загрязнений и окалины, которые существенно увеличивают сопротивление контакта, а также требуется тщательная сборка деталей с возможно более плотным прилеганием их друг к другу, так как наличие зазоров приведет к потере давления осадки за счет уплотнения листов; при этом давление на точку окажется меньше требуемого, что снижает ее прочность.

Как правило, в сварном соединении располагается множество точек. Самой прочной является первая точка, а каждая следующая менее прочная, так как в первой происходит шунтирование тока, а также потери давления.

Размеры точечных соединений характеризуется следующими параметрами:

d - диаметр литой зоны точки;

a - ширина нахлестки;

t - расстояние между точками в ряду - шаг.

Рекомендуемые размеры точечных соединений приведены в табл. 1.1.

Точки диаметром d не должны размещаться ближе, чем на 1,5 см от края детали во избежание выдавливания горячего металла.

Таблица 1.1 - Рекомендуемые размеры точечных соединений низкоуглеродистых и низколегированных сталей.

Толщина одной детали S , мм	Минимальная нахлестка при однорядном шве d , мм	Диаметр литого ядра точки d , мм	Минимальный шаг при точечной сварке t , мм	Минимальный шаг при шахматном расположении шва t , мм
0,3	6	2,5 - 3,5	8	7
0,5	8	3,0 - 4,0	10	8
1,0	12	4,0 - 5,0	14	12
2,0	17	7,0 - 8,5	21	20
3,0	21	9,0 - 10,5	28	26
4,0	28	12,0 - 13,5	38	38
5,0	34	14,0 - 16,0	50	47
6,0	42	16,0 - 18,0	60	55
7,0	48	18,0 - 20,0	70	-

2. ФОРМИРОВАНИЕ СВАРНОЙ ТОЧКИ И ЕЕ СТРУКТУРА

Точечная сварка всегда начинается с предварительного сжатия деталей для обеспечения хорошего контакта.

Детали нагреваются теплом, выделяющимся в контакте и в них самих. Наиболее интенсивно нагревается столбик (рис. 1.3), где наибольшая плотность тока, и особенно слои деталей, прилегавшие к контакту, так как с ростом температуры растет их удельное электросопротивление. В результате металл плавится, образуя чечевицеобразную точку. Ее жидкое ядро удерживается окружающим кольцом уплотненного продеформированного металла. Если мало давление P или слишком быстрый нагрев, и кольцо не успело образоваться, или слишком сильный нагрев, и кольцо не может удержать большой объем жидкого ядра, то возможен выплеск - частичный выброс жидкого металла. Размеры ядра (его диаметр d и проплавление h), определяющие прочность соединения» зависят от температурного поля, а следовательно, от технологических параметров процесса; толщины свариваемых листов S , диаметра электрода (d_e), усилия P , электрических параметров (рис. 1.3).

Диаметр ядра d приблизительно зависит от толщины деталей следующим образом (для $S > 0,5$ мм):

$$d = 2S + 3 \text{ мм}, \quad (3)$$

где S - толщина в миллиметрах более тонкой из свариваемых деталей. Обычно он близок к диаметру контактной поверхности и составляет 0,5...20 мм.

Структура зоны шва определяется условиями нагрева металла и его пластической деформации.

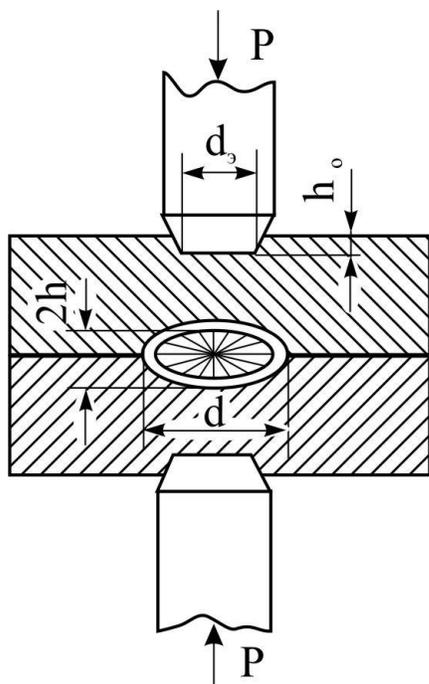


Рис. 1.3. Схематический разрез сварной точки.

Структура точки формируется при кристаллизации жидкого металла. При этом теплоотвод в толщу деталей, т.е. примерно равномерно во все стороны, приводит к формированию столбчатой структуры в ядре. В результате усадки в ядре возможно образование усадочной рыхлости и раковин. Давление электродов, если оно достаточно велико, вызывает пластическую деформацию в кристаллизующемся ядре и уплотняет его.

Свариваемость - это способность металлов и сплавов образовывать между собой соединения удовлетворительного качества (бездефектное, достаточно прочное и др.) при определенном способе сварки и типичных режимах.

Свариваемость большинства металлов и сплавов при контактной сварке зависит от состава физических свойств свариваемых металлов (теплопроводности, температуры плавления, прочности, способности образования тугоплавких окислов и др.), а также от особенностей технологии данного способа сварки.

Малоуглеродистые стали свариваются хорошо, так как их относительно высокая удельная электросопротивление и хорошая пластичность позволяют использовать небольшие плотность тока и давление.

Увеличение содержания углерода ухудшает свариваемость, так как уменьшается тепло- и электропроводность стали, возможно, образование закалочных структур при быстром охлаждении, выше твердость и прочность, т.е. требуется большее усилие осадки.

3. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ТОЧЕЧНОГО СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ

Качество точечной сварки можно оценить при испытании сварного точечного соединения растяжением на специальной разрывной машине РМП-500. При этом точка работает на срез.

По шкале машины определяют силу среза ($P_{ср}$). Анализ характера разрушения точки, ее вида показывает, что в случае удовлетворительного качества сварки срез литого ядра имеет кристаллический блестящий вид, вокруг ядра - светлый пояс деформированного металла. Возможны дефекты. Один из них - *непровар*, который проявляется в отсутствии или малом размере литого ядра. Это вызвано недостаточным нагревом деталей при сварке вследствие малой величины тока, короткого времени пропускания его, слабого давления, плохой подготовкой поверхности пластин, их неплотной сборкой.

Другой вид дефекта - *вырыв точки* - объясняется избыточным тепловым эффектом при данной толщине листа, что приводит к ослаблению основного металла по периметру точки и ее вырыву.

4. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ

Точечная контактная сварка выполняется на специальных машинах или при небольших толщинах деталей на специальных сварочных установках. Любая установка должна выполнять три основные функции, а поэтому в машине точечной сварки имеются три основных устройства:

- 1) обеспечивающее подачу тока определенной силы;
- 2) дозирующее время протекания тока;
- 3) осуществляющее сжатие.

В данной лабораторией работе используется установка контактной точечной сварки ССП-2, применявшаяся при сварке изделий радиотехнической и электронной техники.

Установка состоит из следующих узлов (рис. 1.4).

Подставка 1, на которой установлена плита 2, а в ней камера 3. В камере расположена головка 4, а в ней - верхний (подвижный) электрод 5 и нижний (неподвижный) - 6. Электроды выполнены из медных прутков, так как требуется высокая электро- и теплопроводность их материала для меньшего разогрева. На корпусе сварочной головки размещены барабаны 7 и 8 усилия сжатия с маркировкой величины усилия.

На верхнем барабане имеется микровыключатель 9, который в момент сварки замыкает цепь и обеспечивает протекание сварочного тока. Винтом 10 регулируется микровыключатель. Педаль 11 служит для включения тока и усилия в момент сварки.

На переднюю правую панель вынесены тумблер включения сети 12 и сигнальная лампочка 13 включения сети, кнопки включения двух пар ламп 14, 15 в камере, пакетный выключатель напряжения 16, тумблер переключения программ А и Б, 17, т.е. при необходимости можно чередовать работу в двух, заранее настроенных режимах, различающихся величиной напряжения и тока. На педали имеется кнопка 18, на которую следует нажимать вместе с педалью при работе по программе Б.

Рукоятка 19 на правой панели служит для установки длительности пропускания тока. Каждое деление на шкале - число полупериодов. Ниже правой панели в ящике 20 размещен блок дозирования импульса тока.

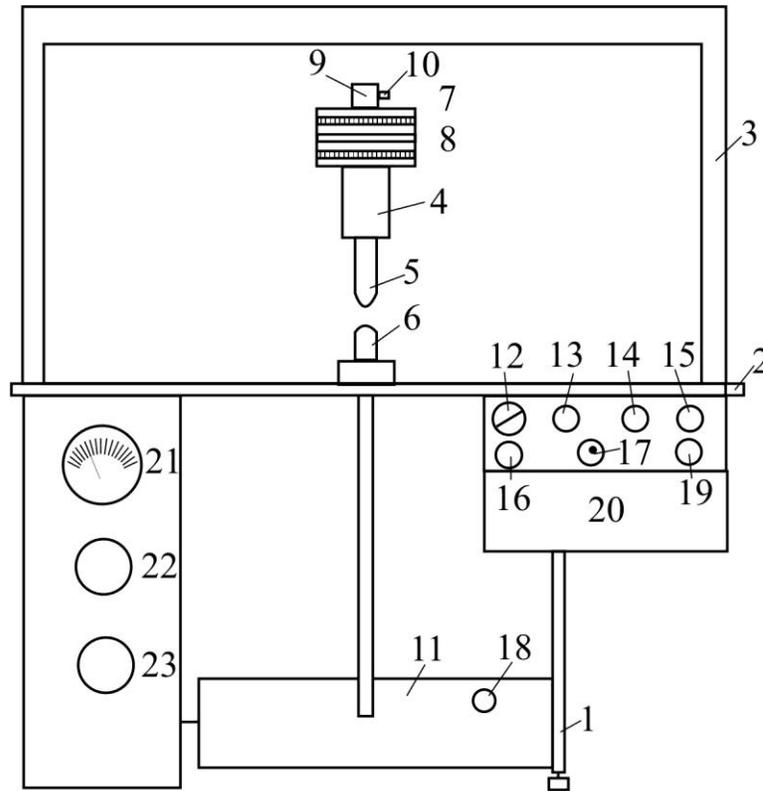


Рис. 1.4. Установка точечной контактной сварки ССп-2:

1 – подставка; 2 – плита; 3 – камера; 4 – сварочная головка; 5 – верхний (подвижный) электрод; 6 – нижний электрод; 7 – барабан усилия; 8 – барабан усилия; 9 – микровыключатель; 10 – регулировка микровыключателя; 11 – педаль; 12 – тумблер включения сети; 13 – сигнальная лампа; 14 – лампа освещения в камере; 15 – лампа освещения в камере; 16 – включатель напряжения; 17 – тумблер переключения программ А и Б; 18 – кнопка на педали; 19 – рукоятка установки длительности импульса; 20 – блок дозирования импульса; 21 – вольтметр; 22 – рукоятка трансформатора; 23 – рукоятка трансформатора.

На левой передней панели установки расположен вольтметр 21 для измерения величины напряжения, подаваемого на сварочный трансформатор, и рукоятки трансформаторов 22, 23 для регулирования напряжения по программе А и Б соответственно. Электрическое устройство предназначено для обеспечения определенной программы нагрева.

Из формулы (1.1) следует, что максимальный тепловой эффект можно получить при значительной силе тока, достигающей в контактных машинах десятков килоампер. Для преобразования электрической энергии промышленной питающей сети в энергию, необходимую для контактной сварки, используется понижающий трансформатор.

Величина тока на его вторичной обмотке I_2 выражается формулой:

$$I_2 = I_1 \frac{W_1}{W_2}, \quad (4)$$

где I_1 - величина тока на первичной обмотке;

W_1, W_2 - количество витков в соответствующих обмотках.

Отсюда следует, что для получения максимального значения тока требуется низкое напряжение, и наиболее целесообразно использовать трансформаторы с одним витком на вторичной обмотке (W_2), что и применяется, как правило, в контактных машинах.

В данной установке достигается сварочный ток $I_2 = 5000$ А, при напряжении $U_2 = 6$ В; $U_1 = 220$ В.

Понижение напряжения осуществляется тремя трансформаторами. При эксплуатации установки регулируется напряжение на вторичной обмотке первого из них U_1 , с помощью вращающейся рукоятки 22 или 23 (рис. 1.4) на левой передней панели установки.

Со второй обмотки сварочного трансформатора ток поступает в сварочную головку на неподвижный (нижний) и подвижный (верхний) электроды при включении микровыключателя. Сигнал на микропереключатель подается при нажатии педали. При этом подвижный электрод опускается до соприкосновения с деталями, лежащими, на неподвижном электроде, цепь замыкается, происходит сварка.

Длительность протекания тока дозируется специальным дозировщиком энергии, блок которого смонтирован в ящике ниже правой передней панели.

Механизм нагружения электродов укреплен на корпусе сварочной головки. Он выполнен в виде барабанов, в которых сделано 10 расточек с установленными в них пружинными толкателями. При нажатии педали через систему штока, шарнира, тяги движение передается на пружинные толкатели барабана и в зависимости от установки их положения к верхнему подвижному электроду прикладывается различное давление. Таким образом, усилие сжатия при сварке может меняться от 6 до 200 Н (от 0,6 до 20 кгс).

5. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Получение образцов согласно индивидуальному заданию (табл. 1.2).
2. Очистка свариваемых поверхностей образцов, шлифовальной бумагой от ржавчины, загрязнений, затем от наждачной пыли.
3. Разметка точек на приготовленной поверхности образца в соответствии с принятым типом сварного соединения и рекомендациями табл. 1.1. Пример эскиза сварного соединения приведен на рис. 1.5. Маркировка образцов.
4. Выполнение точечной сварки по заданным режимам, для чего следует:
 - а) установить необходимое усилие сжатия поворотом барабанов 7 на соответствующее деление;

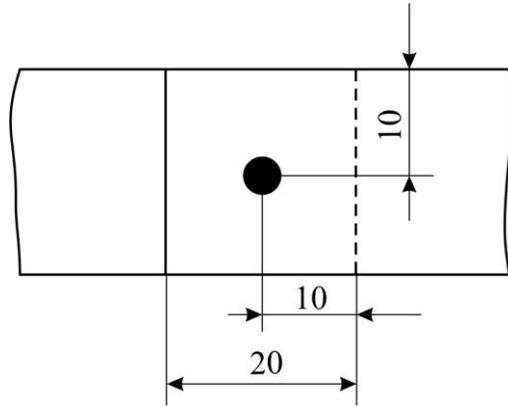


Рис 1.5 Эскиз сварного соединения.

Таблица 1.2 - Рекомендуемые режимы точечной сварки.

№ задания	№ режима	Свариваемый материал	Толщина листов, мм		Режим сварки			Исследуемый параметр
			S ₀	S ₁	U ₁ , В	P, Н (кгс)	τ, с	
1	1	Сталь 10	0,3	0,3	80	140(14)	0,05	Величина осадки
	2					160(16)		
3	180(18)							
2	4		0,4	0,4	90	160(16)	0,05	Величина осадки
	5					180(18)		
6	200(20)							
3	7		0,4	0,4	79	200(20)	0,05	Напряжение
	8				80			
	9				90			
4	10		0,4	0,4	90	200(20)	0,03	Длительность пропускания тока
	11						0,04	
	12	0,05						
5	13	0,5	0,5	100	200(20)	0,03	Длительность пропускания тока	
	14					0,04		
	15					0,05		
6	16	0,03	0,03	90	200(20)	0,05	Толщине свариваемых листов	
	17							0,04
	18							0,05
7	19	0,5	0,5	80	200(20)	0,06	Толщине свариваемых листов	
	20			90				
	21			100				
8	22	0,3	0,4	70	200(20)	0,05	Напряжение	
	23			80				
	24			90				
9	25	0,4	0,5	70	200(20)	0,06	Напряжение	
	26			80				
	27			90				
10	28	0,3	0,4	90	200(20)	0,03	Длительность пропускания тока	
	29					0,04		
	30					0,05		
11	31	0,4	0,5	90	200(20)	0,03	Длительность пропускания тока	
	32					0,04		
	33					0,05		

- б) включить сеть (тумблер 12), при этом загорается сигнальная лампочка 13;
- в) зажечь лампы в камере, для чего нажать кнопки 14, 15, после зажигания ламп отпустить их;
- г) включить пакетный выключатель напряжения 16;
- д) установить необходимую величину напряжения рукояткой 22 или 23 по шкале вольтметра 21 для программы А или Б - соответственно;
- е) установить длительность импульсов тока (рукояткой 19). Цифры на шкале указывают количество полупериодов; один полупериод равен 0,01 с;
- ж) положить свариваемые пластины на нижний электрод. Нажатием педали осуществить сварку. Педаль отпустить после щелчка микровыключателя;
- з) выключить установку, выполняя указанные выше операции в обратном порядке.

5. Испытание полученных сварных соединений на прочность при растяжении в разрывной машине.

6. Построение графика зависимости силы среза сварного соединения от величины исследуемого параметра.

6. ПЛАН ОТЧЕТА

1. Название работы.
2. Цель работы (текст задания).
3. Схема точечной сварки, объяснение ее принципа.
4. Эскиз сварного соединения.
5. Режим сварки, вид свариваемого материала и результаты испытаний (табл. 1.3).
6. Циклограмма режима.
7. Обработка результатов (график).
8. Выводы.

Таблица 1.3 - Результаты испытания на прочность соединения точечной сварки.

№ режима	Свариваемый материал	Толщина листов		Режимы сварки			Результаты	
		S ₀ , мм	S ₁ , мм	U, В	P, Н	τ, с	P _{ср} , Н	Характер разрушения
1	2	3	4	5	6	7	8	9

В таблице обозначено:

S₀, S₁- толщина свариваемых пластин, мм;

U - напряжение, В;

τ - длительность пропускания тока, с;

P_{ср} - усилие разрушения, Н.

ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РУЧНОЙ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ И ГАЗОВОЙ СВАРКИ

Цель работы:

1. Ознакомиться с устройством оборудования ручной электродуговой сварки; рассчитать время, необходимое для сварки данного узла.

2. Ознакомиться с оборудованием газовой сварки; рассчитать расход горючего газа при сварке данного узла.

Сварка - это способ создания неразъемного соединения за счет сил межатомного взаимодействия между свариваемыми кромками.

Почти все виды сварки требует нагрева. Если свариваемые кромки нагреваются до расплавления и затем металл совместно кристаллизуется в виде шва, то это - сварка плавлением. Если применяется нагрев металла до высокой пластичности, что облегчает пластическую деформацию при последующем обжатии, то это - сварка давлением.

Наиболее удобна классификация многочисленных видов сварки по способу нагрева. К группе способов нагрева электрическим током относится электродуговая сварка, а к группе химических способов - газовая сварка. Оба эти метода - самые распространенные виды сварки плавлением.

1. Электродуговая сварка

Классификация. Электродуговая сварка классифицируется по следующим признакам:

1) по виду электрода: электрод плавящейся, тогда он и заполняет шов (метод Славянова), рис. 2.1 а; неплавящийся электрод (вольфрамовый или угольный), тогда вводят дополнительный присадочный пруток (метод Бенардоса), рис. 2.1 б;

2) по способу питания дуги: постоянный ток, переменный ток;

3) по способу воздействия дуги на металл: дуга горит между электродом и свариваемым металлом (рис. 2.1 а, б) – прямая (зависимая) дуга; дуга горит между двумя плавящимися или неплавящимися электродами (рис. 2.1 в), а основной металл плавится теплом, излучаемым столбом дуги - косвенная (независимая) дуга;

4) по способу защиты зоны шва от атмосферы; в случае электрода без обмазки, либо с тонкой меловой обмазкой, которая лишь стабилизирует дугу - открытая дуга; защищенная от атмосферы веществами, выделяющимися из толстой качественной обмазки, или специальными защитными газами (углекислым, инертным), или насыпным флюсом – закрытая дуга.

5) по степени автоматизации - ручная, полуавтоматическая, автоматическая сварка.

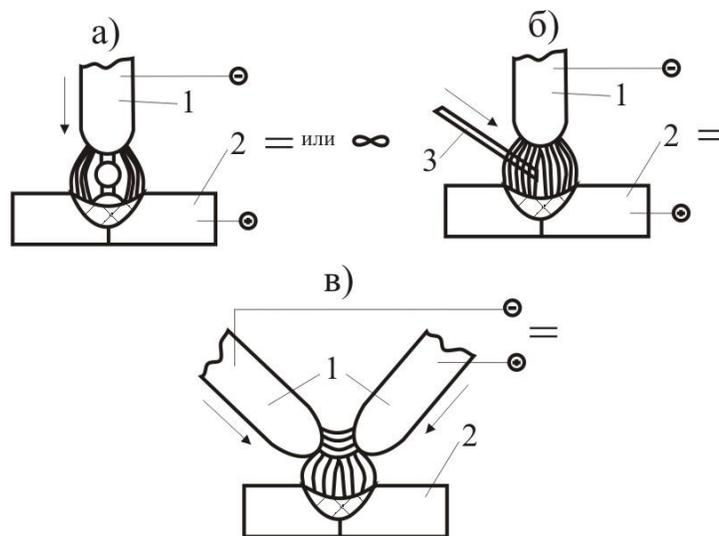


Рис. 2.1. Способы электродуговой сварки:
1 - электрод, 2 - свариваемая деталь, 3 – плавящийся пруток.

Электродуговая сварка имеет ряд достоинств, которые обеспечили ей самое широкое применение:

1. Высокая температура в зоне дуги позволяет сваривать довольно тугоплавкие металлы и обеспечивает глубокое проплавление.
2. Хорошее качество шва.
3. Высокая производительность процесса.
4. Удобство регулирования режима сварки и поддержания стабильной дуги.

Оборудование электродуговой сварки. Сварочный пост (рис. 2.2) состоит из источника питания дуги, электрододержателя, в который вставляется электрод, стола с надежным заземлением, витка, защищающего сварщика от брызг металла и яркого излучения.

В качестве источника питания дуги используется сварочный генератор, если требуется постоянный ток, либо трансформатор, питающий дугу переменным током.

Источники переменного тока более распространены, так как обладают рядом технико-экономических преимуществ по сравнению с источниками постоянного тока.

Сварочные электроды. Электрод, применяемый при ручной сварке, представляет собой металлический стержень, покрытый обмазкой. Длина электродов до 450 мм, диаметр стержня 1-12 мм. Стержень может быть из легированной стали, из цветных металлов и сплавов, электрод для сварки выбирается по составу наиболее близкому по составу к свариваемому металлу.

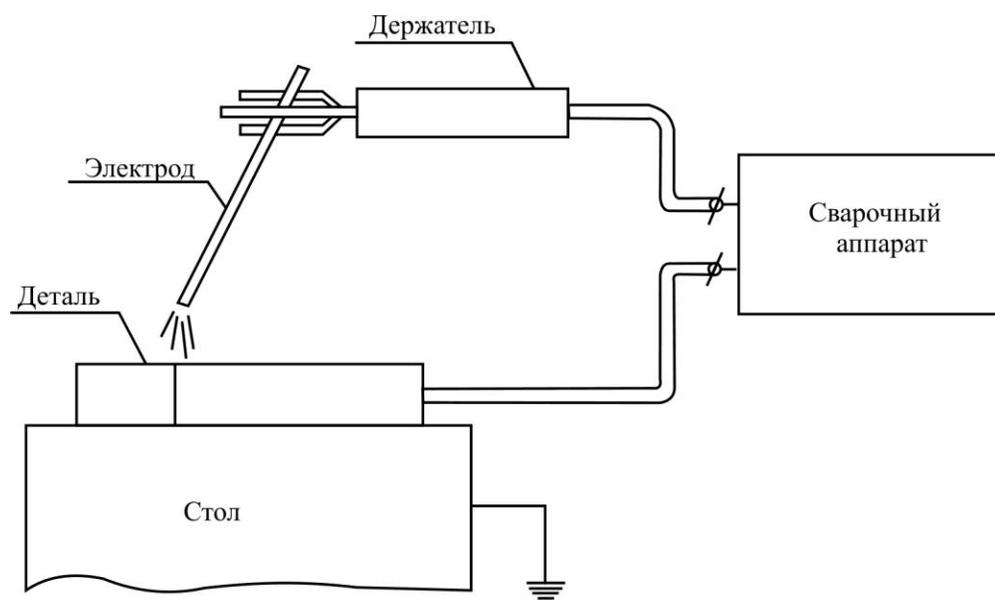


Рис. 2.2. Пост ручной электродуговой сварки.

Обмазка толщиной 0,1-4,0 мм на сторону состоит из ряда органических веществ, ферросплавов и других соединений и выполняет ряд функций: стабилизирует горение дуги, создает газовую защиту шва от атмосферы, несет в себе раскислители, легирующие, модифицирующие элементы. Электроды маркируются в основном по назначению предприятия, разрабатывающего их, например, ЦМ-7, МР-3, ХГ-3, УОНИ 13/45.

Технология сварки. Технология сварки включает выбор электрического режима дуги, типа и диаметра электрода, длины дуги, угла наклона электрода и целый ряд других параметров. Все они определяются в зависимости от объекта сварки, т.е. от состава, толщины свариваемого металла, типа шва (стыковой, угловой и др.), положения шва (нижний, вертикальный, потолочный), рис. 2.3, табл. 2,2.

При толщине металла больше 6 мм, требуется предварительная подготовка кромок (рис. 2.3).

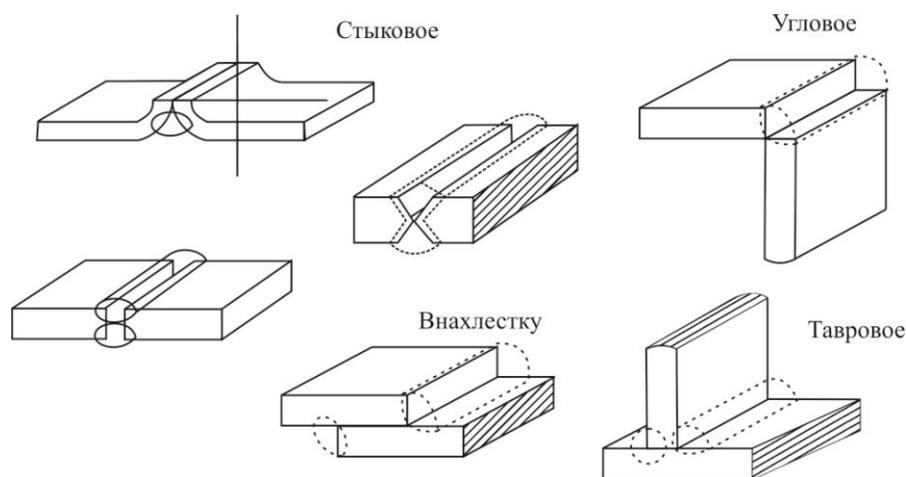


Рис. 2.3. Виды сварных соединений.

Интенсивность нагрева в зоне дуги определяется силой сварочного тока. Слишком малая величина его не дает достаточно глубокого проплавления, а чрезмерно большой ток может привести к прожогу. В общем виде между силой тока I и диаметром электрода d существует следующая зависимость:

$$I = K \cdot d, \quad (1)$$

где K - коэффициент, равный 45-60 при сварке металлическим электродом деталей из малоуглеродистой стали.

Тип электрода выбирается в зависимости от состава и свойств свариваемого металла.

Таблица 2.1 - Примерные режимы ручной дуговой сварки стыковых швов.

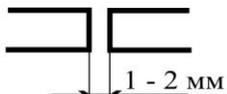
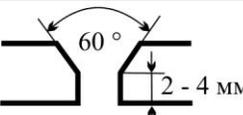
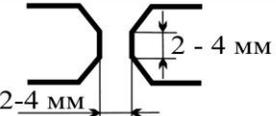
Толщина металла в мм	Форма разделки свариваемых поверхностей	Число проходов	Диаметр электрода, мм	
			первый проход	последний проход
1 3		1 1	1,5 3	- -
6 10		1 2	5 4	- 5
20		8	5	6

Таблица 2.2 - Примерные режимы ручной сварки угловых швов.

Толщина металла или катет шва, мм	Число проходов	Диаметр электрода в мм		Сварочный ток (А)
		первый проход	второй проход	
1	1	2	-	40
2	1	3	-	100
3	1	4	-	160
6	1	5	-	230
10	2	5	5	240
16	4	5	6	270

Сварка стыковых швов. Особенности сварки стыкового шва и подготовки кромок под сварку определяются толщиной основного металла.

При толщине 5 - 6 мм кромки специально не готовятся (лишь подравниваются). При толщине листов, большей 5-6 мм, кромки скашиваются и шов накладывается в виде одного или нескольких валиков – проходов (табл. 2.1). Толщина каждого валика 5 - 6 мм.

Валик (шов) в сечении соответствует примерно сектору круга с радиусом R с центральным углом, равным 60° , что следует учитывать при подсчете площади поперечного, сечения шва (рис. 2.4).

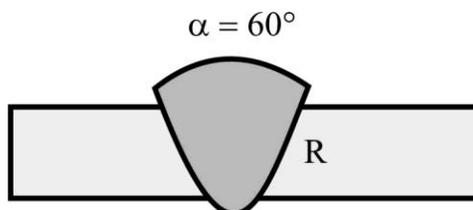


Рис. 2.4. Вид валика (шва) в сечении.

Подсчет объема наплавленного металла ведется по общему сечению шва и длине его без учета числа проходов.

Сварка угловых швов. Обычно наплавленный металл заполняет объем двугранного угла, равного 90° . Размер сечения шва определяется площадью прямоугольного треугольника с катетами K , равными толщине листов. Если толщина свариваемых листов различна, то катет выбирается по меньшей толщине (рис. 2.5).

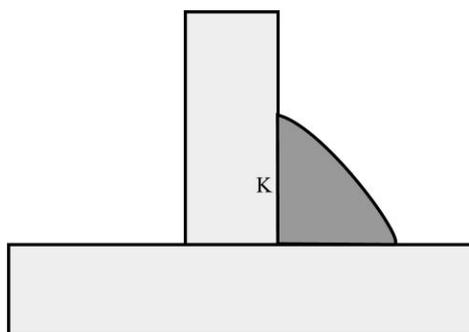


Рис. 2.5. Вид сварки углового шва.

Разделка кромок при угловых швах применяется редко.

Угловые швы используются при тавровом и нахлесточном соединениях.

Для заполнения шва требуется металл, вес которого (Q) можно определить по следующей зависимости:

$$Q = \gamma \cdot v, \quad (2)$$

где γ - плотность металла, г/см³,
 v - объем металла шва, который зависит от длины и площади поперечного сечения шва, см³.

$$v = l \cdot s, \quad (3)$$

где l - общая длина шва с учетом нескольких проходов, см;
 s - площадь поперечного сечения шва, см².

Количество наплавленного металла (Q_n) можно также рассчитать по формуле:

$$Q_n = \alpha_n \cdot I \cdot t, \quad (4)$$

где α_n - коэффициент наплавки (г/А·час),
 I - сила тока (А),
 t - время горения дуги (час).

Следует учитывать, что процесс сварки включает в себя не только горение дуги, но и промежуточные и вспомогательные операции, например, установку электрода, поворот детали и другое. Этот дополнительный расход времени зависит от организации рабочего места и квалификации сварщика и учитывается коэффициентом производительности M ,

$$T = \frac{t}{M} \quad (5)$$

где T - время процесса сварки (час),
 t - длительность горения дуги (час),
 M - коэффициент производительности.

Значение коэффициентов, используемых при расчетах, представлено в табл. 2.3.

Таким образом, пользуясь приведенными формулами, можно решить ряд технологических задач, например, определить длительность сварки данного узла, расход электродов (привлекая некоторые дополнительные данные) и др.

2. Газовая сварка

Сущность газовой сварки состоит в том, что основной металл и присадочный пруток плавятся теплом, выделяющимся при сгорании горючего газа в струе кислорода.

Газовая сварка удобна простотой оборудования и поэтому может применяться в полевых условиях, вдали от источника тока, при ремонтных работах, а также в случаях, где не нужна высокая температура в зоне шва (стальные детали тонких сечений, цветные металлы, чугун).

Таблица 2.3 - Значения коэффициентов, используемых при расчетах технологии электродуговой сварки.

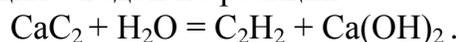
Значение коэффициента	Обозначение	Величина коэффициента
Коэффициент, определяющий физико-химические свойства материала, А/мм	K	40-60 (для малоуглеродистой стали)
Плотность металла, г/см ³	γ	7,8
Коэффициент наплавки, зависящий от состава электрода режима сварки г/А·час	α_n	8 - 12
Коэффициент производительности сварщика, зависящий от организации труда, квалификации сварщика.	M	0,6 - 0,8

Горючие газы и оборудование. В качестве горючего газа применяются:

- ацетилен - температура пламени 3100 - 3150 °С,
- водород - температура пламени 2100 °С,
- природный газ - температура пламени 2000 - 2100 °С,
- керосин - температура пламени 2450 - 2500 °С.

Чаще всего используют ацетилен, т.к. у него большая теплопроводная способность. Ацетилен - бесцветный газ с резким запахом, он взрывается при температуре более 550 °С и давлении более 1,5 атм., а также в смеси с кислородом или воздухом при содержании ацетилена от 2 до 85 % и в присутствии катализаторов (окислов меди и железа).

Ацетилен получают в специальных генераторах при взаимодействии карбида кальция с водой по реакции



В зависимости от давления вырабатываемого газа (Р), генераторы бывают: низкого давления (Р не выше 0,1 атм.), среднего (Р не выше 1,5 атм.), высокого (Р выше 1,5 атм.). Применяются в основном генераторы первых двух типов.

Ацетилен от генераторов к рабочему месту сварщика подается либо по централизованному газопроводу, либо в баллонах с давлением 15 - 16 атм. Баллоны заполняются пористой массой (активированным углем) и ацетоном, в котором хорошо растворяется ацетилен. Это обеспечивает безопасность его перевозки. Таким образом, в баллоне объемом 40 литров удастся поместить до 6000 литров ацетилена. Баллоны ацетилена окрашиваются в белый цвет.

Кислород получают на специальных кислородных станциях или заводах методом глубокого охлаждения воздуха. Разделение воздуха на составные газы основано на различных температурах их сжижения. Кислород перевозится в специальных танках или баллонах вместительностью 6000 литров при давлении 150 атм. Кислородные баллоны окрашиваются в голубой цвет.

Сварочный пост (рис. 2.6) при ручной газовой сварке состоит из:

- 1) горелки, к которой по шлангам подается газ,
- 2) баллонов,
- 3) редукторов-приборов, измеряющих, понижающих, регулирующих давление газа в баллонах.

Горелки по способу подачи газа делятся на безинжекторные (рис. 2.7 а) и инжекторные (рис. 2.7 б). Инжекторные горелки работают на газе низкого давления (до 0,5 атм.). Инжекцией называется подсос горючего газа в камеру смещения кислорода, который подается под давление 3-4 атм. по каналу 1 через вентиль 3 к инжектору 4. Из инжектора кислород истекает с большей скоростью и создает разрежение в ацетиленовом канале 2, в результате чего ацетилен засасывается в смесительную камеру 5. Далее смесь газов поступает в мундштук. Эти горелки имеют самое широкое применение, они безопасны. Состав газов регулируется вентилями.

Безинжекторные горелки работают при почти равном давлении ацетилена и кислорода (0,5 - 0,7 атм.), которые подаются по параллельным каналам и, смешиваясь, поступают в мундштук. Состав смеси регулируется давлением газов на входе в горелку.

Для заполнения шва при газовой сварке применяется присадочный металл. Он выбирается в соответствии с химическим составом основного металла.

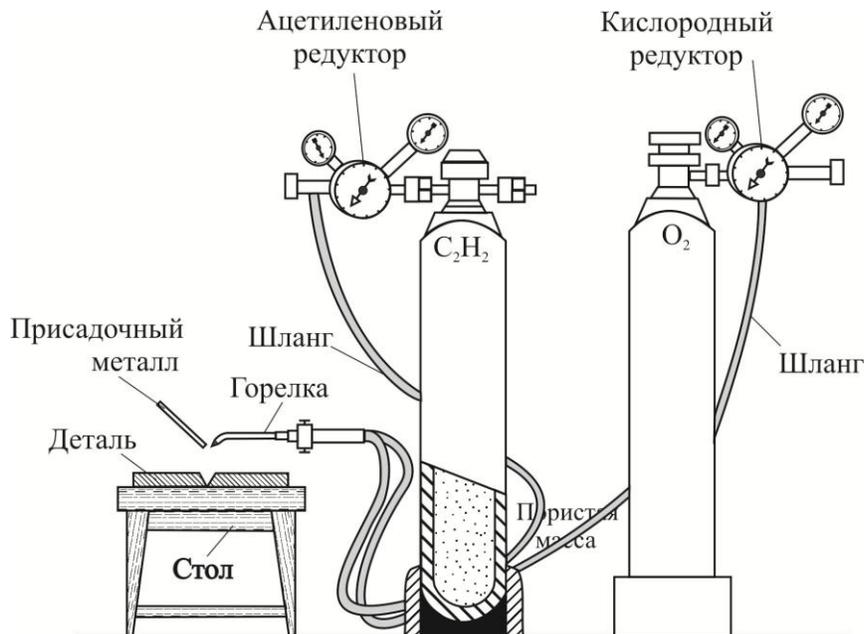


Рис. 2.6. Схема газового поста с питанием от баллона.

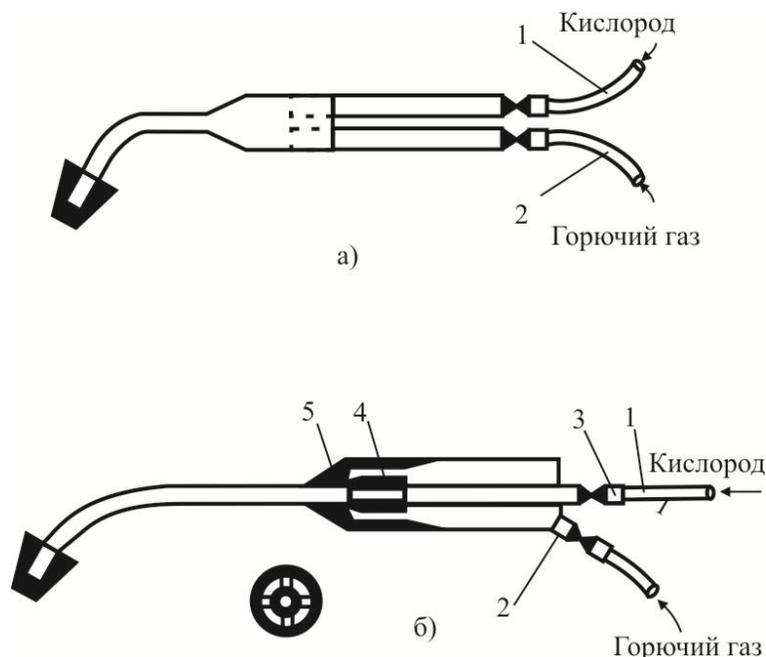


Рис. 2.7 Схема сварочных горелок.

1 - кислородный канал, 2 - ацетиленовый канал,
3 - регулировочный вентиль, 4 - инжектор, 5 – смесительная камера.

Горение ацетилена. Горение ацетилена происходит в три стадии:

- 1) распад ацетилена $C_2H_2 = 2C + H_2$,
- 2) неполное сгорание $2C + H_2 + O_2 = 2CO + H_2$
- 3) окончательное сгорание за счет кислорода, воздуха
 $4CO + 2H_2 + 3O_2 = 4CO_2 + 2H_2O$.

В соответствии с этим пламя состоит из трех зон (рис. 2.8). Ядро (1) имеет ярко белый цвет благодаря раскаленным частицам углерода. Следующая зона называется восстановительной или сварочной (2), в ней происходит наиболее полное горение, здесь развивается самая высокая температура, зона (3) имеет более темный цвет, здесь происходит окончательное сгорание ацетилена. Из приведенных реакций видно, что в горении участвуют равные количества ацетилена и кислорода. Наиболее благоприятное отношение количества кислорода к количеству ацетилена, обеспечивающее лучшие условия сварки $\alpha = 1,1 - 1,2$.

Техника сварки. Направление движения горелки может быть слева направо ("правая" сварка). При этом пламя загорается образовавшимся ранее швом. Пламя направлено на горячий металл и поэтому обеспечивает повышенный коэффициент полезного действия процесса. При "левой" сварке пламя направлено на холодный металл. Этот метод часто применяют при сварке тонких листов и легкоплавких металлов.

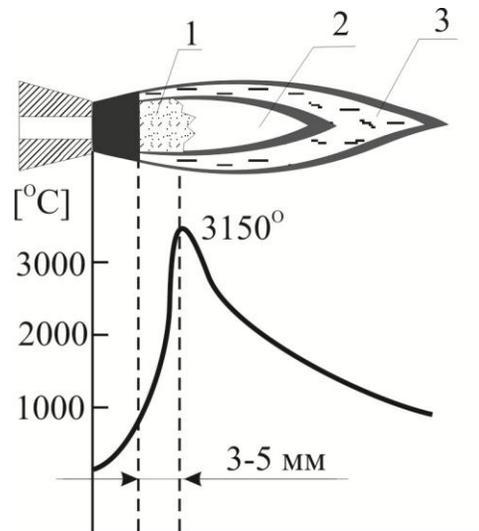


Рис. 2.8 Строение ацетилено-кислородного пламени и распределение температуры по его оси.

Диаметр присадочного прутка выбирается в зависимости от толщины основного металла:

При "левой" сварке:
$$d = \frac{\delta}{2} + 1,$$

при "правой" сварке:
$$d = \frac{\delta}{2}, \quad (6)$$

где d - диаметр прутка (мм),
 δ - толщина заготовки (мм).

Скорость сварки определяется глубиной проплавления металла и поэтому зависит от его толщины

$$v = \frac{c}{\delta}, \quad (7)$$

где c - коэффициент,
 δ - толщина металла, мм.

В то же время

$$v = \frac{l}{t}, \quad (8)$$

где l - длина шва,
 t - время сварки.

Тепловая мощность газового пламени зависит от теплофизических свойств и его толщины и характеризуется расходом горючего газа и кислорода и регулируется вентилями, сменой наконечников:

$$q = A \cdot \delta, \quad (9)$$

где q - тепловая мощность газового пламени (литр/час),
 δ - толщина металла (мм),
 A - коэффициент тепловой мощности.

По приведенным формулам можно рассчитать полный расход газа для сварки данного узла:

$$Q = q \cdot t, \quad (10)$$

где q - тепловая мощность газового пламени (литр/час),
 t - время сварки (час).

Значение коэффициентов, используемых при расчетах, представлено в табл. 2.4.

Таблица 2.4 – Значение коэффициентов, используемых при расчетах технологии газовой сварки.

Значение коэффициента	Обозначение и размерность	Величина коэффициента
Коэффициент скорости сварки	c	15
Коэффициент тепловой мощности	$A \frac{\text{литр}}{\text{час} \cdot \text{мм}}$	100 – 130

Задание 1

(по электродуговой сварке)

1. Зарисовывается схема поста ручной электродуговой сварки. Указываются основные элементы, описывается их назначение.
2. Зарисовывается эскиз свариваемого узла, указываются сварные швы.
3. Диаметр электрода и способ подготовки кромок выбирается по табл. 2.1 и 2.2, а сила сварочного тока - по формуле (1).
4. Вес наплавленного металла определяется по формулам (2, 3).
5. Время горения дуги вычисляется по формуле (4).
6. Продолжительность процесса сварки для каждого шва вычисляется по формуле (5) и затем суммируется для всего узла.
7. Коэффициенты, необходимые для расчета, приведены в табл. 2.3.
8. Полученные результаты вносятся в табл. 2.5.

Задание 2

(по газовой сварке)

1. Зарисовывается схема поста газовой сварки. Указываются основные элементы, описывается их назначение.
2. Зарисовывается эскиз свариваемого узла, указываются сварные швы.
3. Диаметр присадочного прутка выбирается по формуле (6).

4. По эскизу подсчитывается длина швов.
5. Скорость сварки определяется по формуле (7).
6. Время сварки подсчитывается по формуле (8).
7. Тепловая мощность газового пламени определяется по формуле (9).
8. Общий расход газа вычисляется по формуле (10).
9. Необходимые для расчета коэффициенты приведены в табл. 2.4.
10. Полученные результаты заносятся в табл. 2.6.

Таблица 2.5 – Результаты расчетов по электродуговой сварке.

№	Параметр	Откуда получен	Количественное значение		
			шов 1	шов 2	шов 3
1	Толщина свариваемого листа d (мм)				
2	Коэффициент физико-химических свойств металла K				
3	Сила тока I (а)				
4	Способ разделки кромок				
5	Количество проходов n				
6	Длина шва l (см)				
7	Сечение шва S (см ²)				
8	Объем наплавленного металла V (см ³)				
9	Вес наплавленного металла q (г)				
10	Коэффициент наплавки α_n г/а. час				
11	Время горения дуги t (час)				
12	Коэффициент производительности сварщика				
13	Продолжительность сварки T (час)				

План отчета

1. Цель работы.
2. Схема установки.
3. Эскиз контрольного узла.
4. Этапы и результаты расчетов.
5. Выводы.

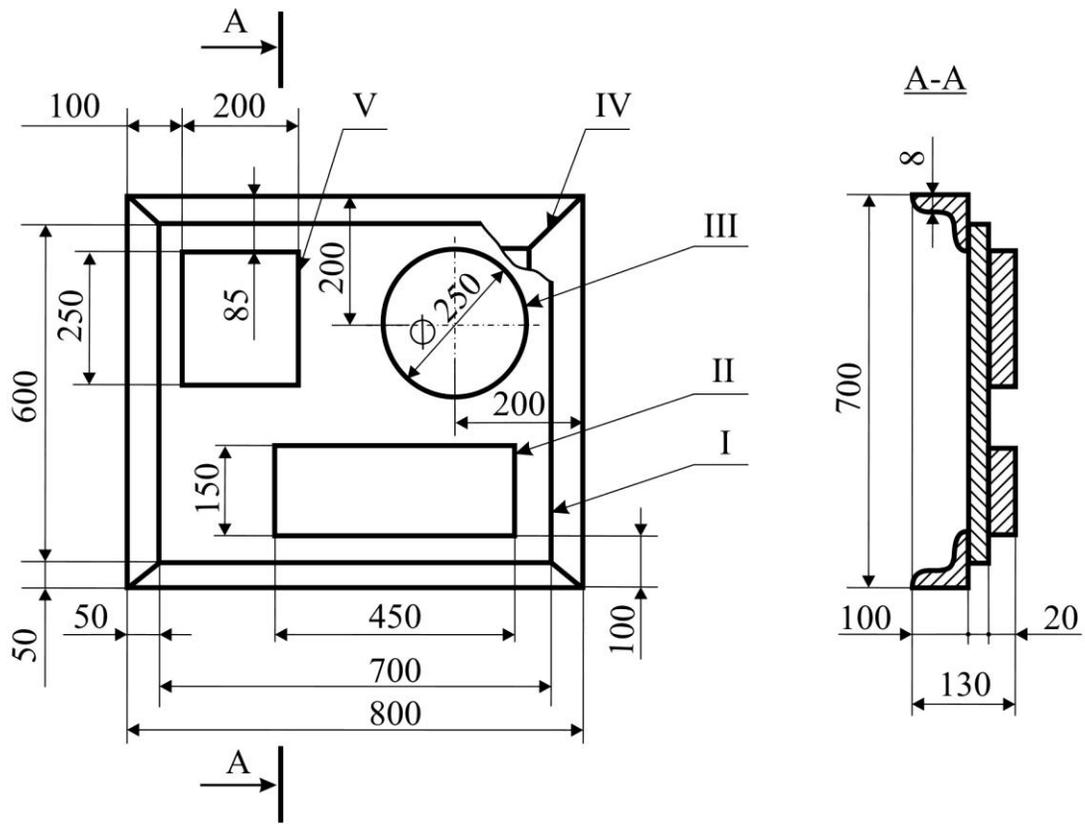
Таблица 2.6 - Результаты расчетов по газовой сварке.

№	Параметр	Откуда получен	Количественное значение		
			шов 1	шов 2	шов 3
1	Толщина свариваемого листа δ (мм)				
2	Диаметр присадочного прутка d (мм)				
3	Длина шва l (м) Сила тока I (а)				
4	Коэффициент скорости сварки C				
5	Скорость сварки V м/час				
6	Время сварки t (час)				
7	Коэффициент тепловой мощности A литр/час мм				
8	Тепловая мощность q литр/час				
9	Расход газа Q (литр)				

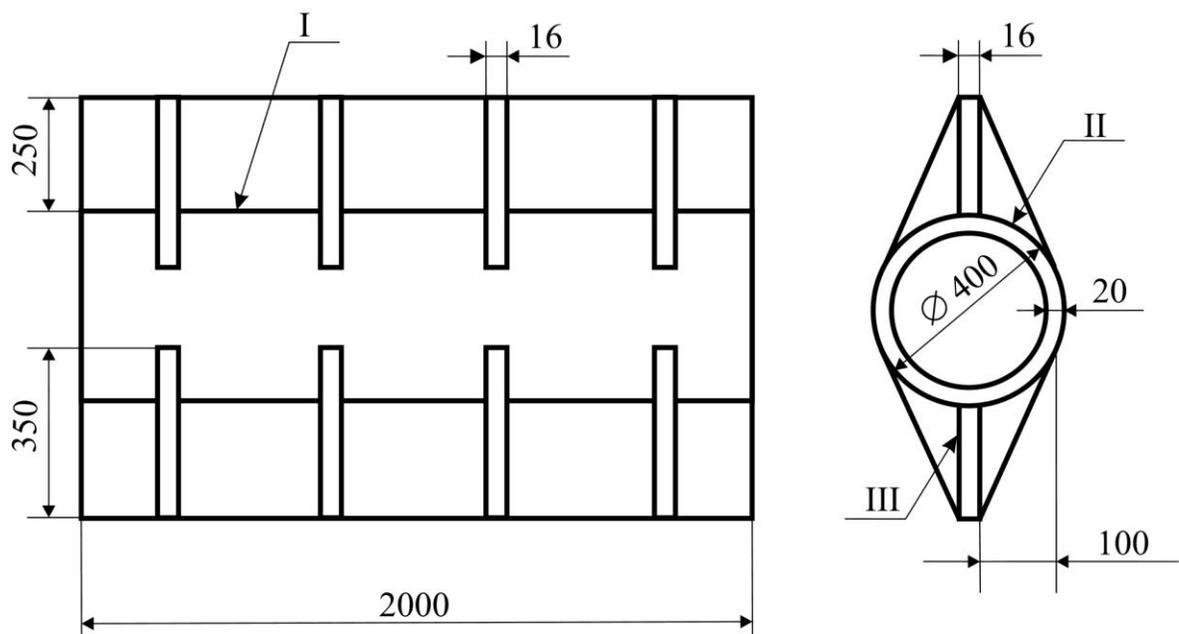
Литература:

1. Колесов С. Н. Материаловедение и технология конструкционных материалов/ С. Н. Колесов, И. С. Колесов, Н. С. Колесов - 2-е изд. – М.: Высш. шк., 2007. – 535 с.: ил.
2. Материаловедение и технология металлов: Учеб. для вузов по машиностроительным специальностям / Г.П.Фетисов, М.К. Карпман, В.М. Матюнин и др. 2-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2002. – 637 с.: ил.
3. Технология конструкционных материалов: Учеб. для машиностроит. Вузов / А.М. Дальский, Т.М. Барсукова, Л.Н. Бухаркин и др.: Под ред. А.М. Дальского.- 5-изд., испр.- М.: Машиностроение, 2003.- 511 с.; ил.

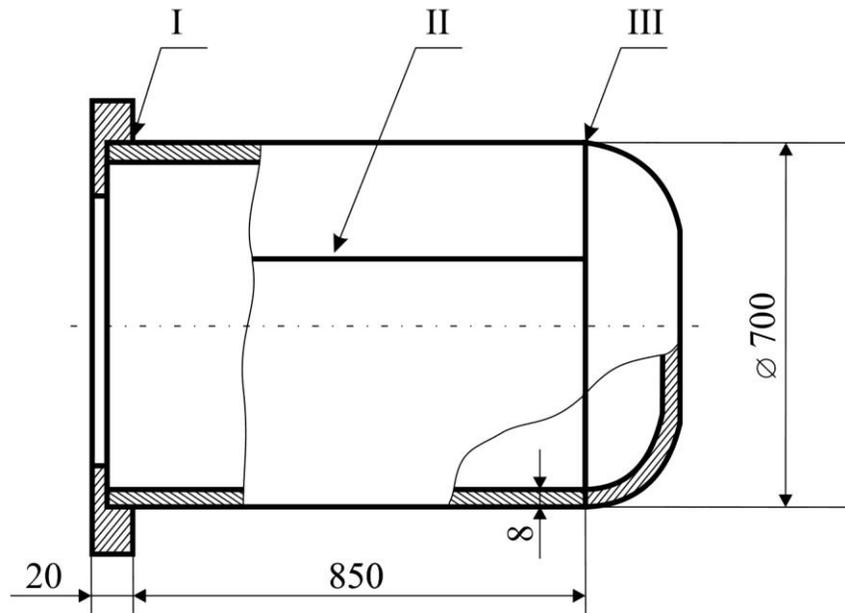
1) Плита, сталь Ст3



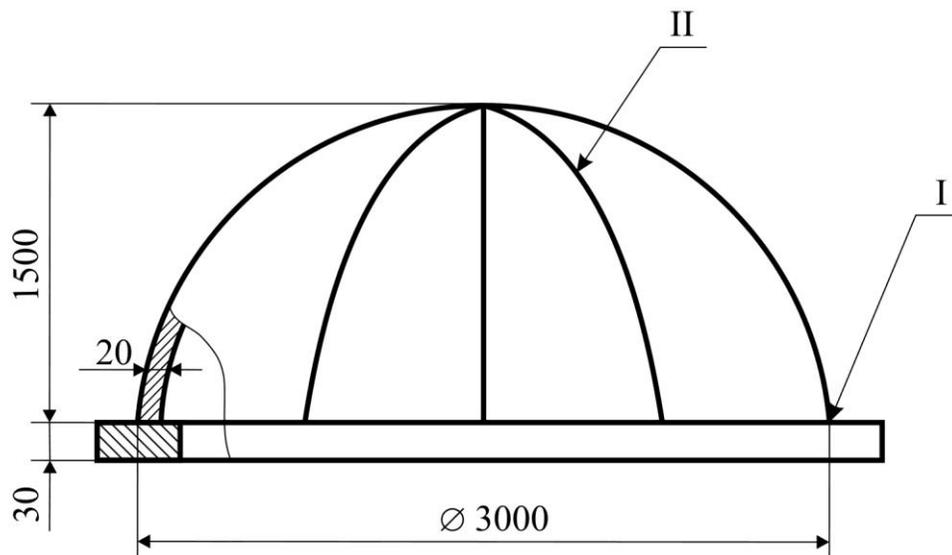
2) Стойка, сталь Ст3



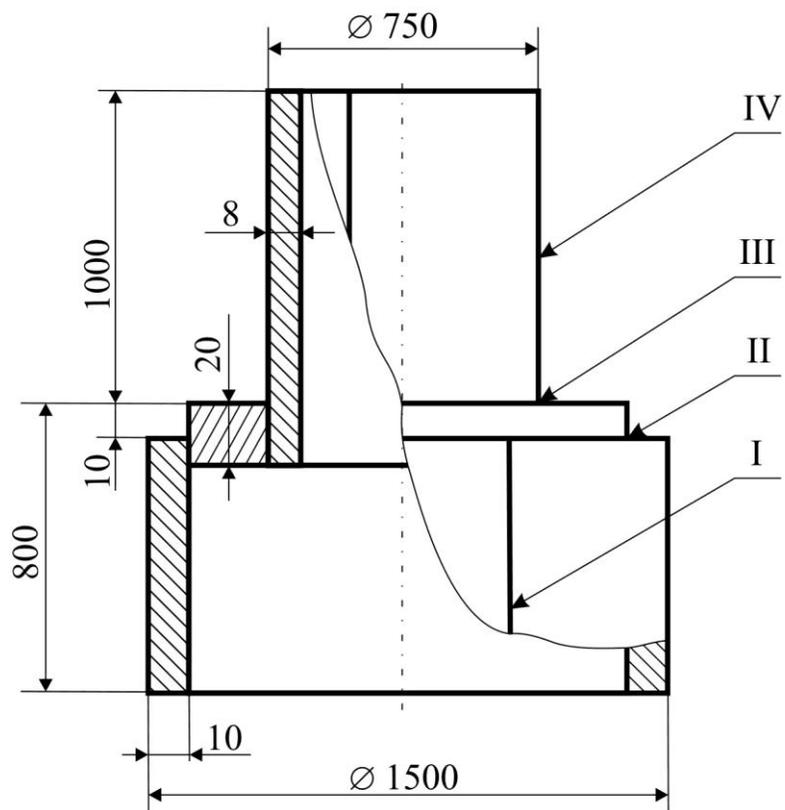
3) Кожух, сталь Ст3



4) Днище, сталь Ст3



5) Колонна, сталь Ст3



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам по дисциплинам
«Технология конструкционных материалов» и
«Технология материалов и покрытий»

Редактор

Технический редактор

Корректор

Подписано в печать 2011 г. Формат 84x60x1/

Бумага оберточная. Тираж 100 экз. Усл. печ. л. Уч.-изд.л.

Изд. № Заказ № Цена договорная
