УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ ДЛЯ ВЫСШИХ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

Н.А.Жариков

ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ГОРЯЧЕЙ ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛОВ

Рекомендовано
Учебно-методическим объединением вузов
по агроинженерному образованию
в качестве учебного пособия
для студентов высших учебных заведений
по агроинженерным специальностям

Оренбург - 2004

ББК 30.61я73
УДК 621.7(02)
Ж 34

Рецензенты:

П.И. Носихин
д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Материаловедение»
МГАУ им. В.П. Горячкина;

В.В. Евсиков
к.т.н., профессор кафедры «Материаловедение»
МГАУ им. В.П. Горячкина;

С.И. Богодухов
д.т.н., профессор, зав. кафедрой
«Материаловедение и технология материалов» ОГУ

Б.В. Перунов
д.т.н., профессор, академик МАИ

Жариков Н.А.

Ж34 Технология конструкционных материалов: Лабораторный практикум по горячей обработке металлов. 3-е изд. – Оренбург, 2004. – 112 с.

Пособие содержит методические указания и порядок выполнения лабораторных работ по сварке, обработке металлов давлением и литью.

© Н.А. Жариков, 2004
© Кафедра «Ремонт машин», 2004

Лабораторная работа 1

Расчет шихты

Цель работы. Изучение методики и овладение навыками расчета состава шихты.

Задание. 1. Для чугуна данной марки, состав которого приведен в табл.1, определить состав шихты.

2. Составить отчет.

I. Расчет химического состава шихты

Для определения химического состава шихты (набора плавильных материалов) необходимо знать химический состав чугуна (табл. 1) и угар элементов шихты при ее плавке (табл. 2).

Таблица 1. Состав серого чугуна и угар элементов

Вариант	Марка	Содержание элементов, %					Угар. %	
		C	Si	Mn	P	S	Si	Mn
1	СЧ10	3.5 - 3.7	2.2 - 2,6	0.5 - 0.8	0.3	0,15	10	20
2	СЧ10	то же					15	16
3	СЧ 15	3.5 - 3.7	2.0 - 2,4	0,5 - 0.8	0.2	0,15	15	17
4	СЧ15	то же					12	20
5	СЧ20	3.3-3.5	1.4 - 2.4	0.7 - 1.0	0,2	0,15	14	15
6	СЧ20	то же					12	18
7	СЧ25	3.2 - 3.4	1.4-2.2	0.7 - 1.0	0.2	0,15	12	18
8	СЧ25	то же					15	15
9	СЧЗО	3.0 - 3.2	1.3 - 1,9	0.7 - 1.0	0.2	0.12	10	20
10	СЧЗО	то же					15	16
11	СЧ35	2.9 - 3,0	1,2-1,5	0,7- 1,1	0,2	0,12	14	15
12	СЧ35	то же					12	20
13	СЧ40	2.5 - 2.7	2.5 - 2.9	0.2 - 0.4	0.02	0.02	10	20
14	СЧ40	то же					15	16
15	СЧ45	2.2 - 2.4	2.5 - 2.9	0.2 - 0.4	0.02	0.02	11	20
16	СЧ45	то же					14	15

Таблица 2 . Угар элементов

Элементы шихты	Угар в % по весу при плавке	
	в вагранке	в пламенной печи
Кремний	10-15	25-50
Марганец	15-20	30-60
Сера	50 - 60 пригар	25-50
Углерод	-	10-30

Расчет ведется по двум элементам: кремнию и марганцу.

Пример. Отливки из чугуна марки СЧ 20 должны содержать кремния 2%, марганца - 0,6% . Угар кремния составляет 10%, марганца - 20%. Определить химический состав шихты.

Содержание любого химического элемента в шихте можно найти по зависимости

$$\mathbf{К_{ш}} = \frac{\mathbf{К_{отл}}}{(100 - \mathbf{У_{г}})} \cdot 100, \quad \%,$$

где $К_{Ш}$, $К_{ОТЛ}$ - содержание элемента соответственно в шихте и в отливке (чугуне);

$У_{Г}$ - угар данного элемента, %.

Обозначим содержание в шихте кремния через **Х,** а марганца через **У,**

$$\mathbf{Х} = \frac{\mathbf{2}}{\mathbf{0,90}} = \mathbf{2,2\%;} \quad \mathbf{У} = \frac{\mathbf{0,6}}{\mathbf{0,80}} = \mathbf{0,75\%,}$$

Таким образом, химический состав шихты определен.

2. Графический способ расчета количественного состава шихты

В чугунолитейном производстве шихта составляется из доменных чушковых (литейных) чугунов и металлолома известного состава. Задача сводится к определению марок чушкового чугуна, а затем их соотношения.

Методика графического расчета. На листе миллиметровой бумаги строят график, на который в координатах "Содержание кремния - содержание марганца" наносят точки, соответствующие составам имеющихся на складе чушковых чугунов и металлолома. Точки нумеруют порядковыми номерами таблицы 3 и соединяют прямыми линиями. При этом образуется многоугольник (рис. 1а). Затем наносят на график точку А, соответствующую химическому составу шихты.

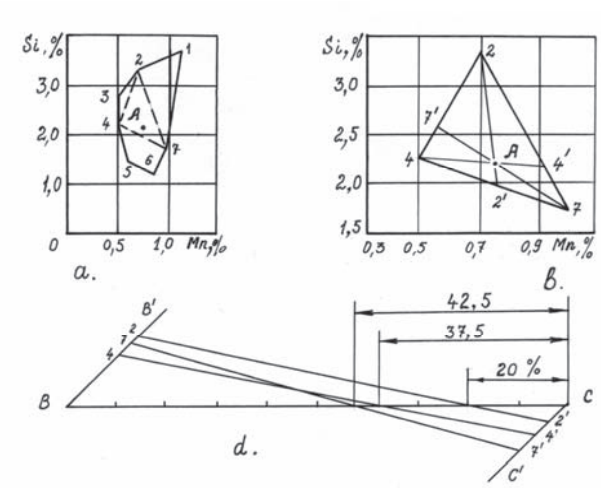


Рис 1. Графический расчет шихты

Таблица 3. Состав чушкового чугуна

Марка чушкового чугуна	Химический состав %		
	Углерод	Кремний	Марганец
1 ЛК - 0	3,5 - 4,0	3,26 - 3,75	0,5 - 1,3
2 ЛК - 1	3,6 - 4,1	2,76 - 3,25	0,5 - 1,3
3 ЛК - 2	3,7 - 4,2	2,26 - 2,75	0,5 - 1,3
4 ЛК - 3	3,8 - 4,3	1,76 - 2,25	0,5 - 1,3
5 ЛК - 4	3,9 - 4,4	1,26 - 1,75	0,5 - 1,3
6. ЧВ 2	3,7 - 4,4	0,5 – 1,0	0,2 – 0,6
7. Чугунный лом	2,8 - 3,3	1,5 - 2,2	0,6 - 1,0

Если точка А располагается внутри многоугольника, то это означает, что для отливки из заданного чугуна можно составить шихту из имеющихся шихтовых материалов. Если точка А располагается на прямой, соединяющей две точки многоугольника, то шихту можно составить из двух компонентов Наконец, если точка А располагается вне многоугольника, это означает, что шихту из этих материалов составить нельзя. Чаще всего, шихта составляется из 3-х компонентов, один из которых - чугунный лом. Поэтому из имеющихся на графике точек выбирают и строят треугольник, с таким расчетом, чтобы точка А оказалась внутри и чтобы одной из вершин этого треугольника являлась точка 7(чугунный лом). Построением такого треугольника решается задача выбора *качест-*

венного состава шихты. В нашем примере шихта составляется из чушковых чугунов ЛК-1, ЛК-3 и чугунного лома (точки 2,4,7).

Для определения количественного соотношения выбранных шихтовых материалов в построенном треугольнике проводят прямые линии (рис. 1b) из вершины каждого угла через точку А до пересечения с противоположной стороной. В результате получают отрезки линий, разделенных точкой А. Эти отрезки используют для определения количественного состава шихты, для чего строят еще один график (рис. 1d). При этом берут отрезок произвольно выбранной прямой ВС и делят его на 100 равных частей. Каждая часть соответствует 1 % или 1 кг. Из точек В и С под произвольным углом проводят две параллельные прямые ВВ' и СС'. На прямой ВВ' откладывают отрезки, расположенные между вершинами треугольника и точкой А, а на прямой СС' откладывают отрезки расположенные между точкой А и противоположными сторонами треугольника. Полученные точки соединяют прямыми линиями, которые на прямой ВС отсекут отрезки, соответствующие *количественному соотношению* выбранных компонентов.

В нашем примере получен следующий состав шихты.

1. Чугун ЛК -1 (Si =3,3 %, Mn = 0,7 %) - 20 %
2. Чугун ЛК - 3 (Si = 2,25 %, Mn = 0,5%) -37,5%
3. Чугунный лом (Si = 1,7%, Mn= 1,0 %) - 42,5 %

3. Аналитический способ расчета количественного состава шихты

Аналитический расчет ведут также по двум элементам - кремнию и марганцу на 100 % или 100 кг шихты. Заключается он в составлении и решении трех уравнений с тремя неизвестными. В нашем примере для отливки из чугуна марки СЧ 20 шихта должна содержать кремния 2,2, марганца - 0,75 %; известен состав литейных чугунов (ЛК-1 и ЛК-3) и чугунного лома.

Порядок аналитического расчета.

Обозначим количество чугуна ЛК - 1 через **X,** чугуна ЛК - 3 через **У**, чугунного лома - через **Z,** тогда первое уравнение, представляющее собой весовой баланс всех шихтовых материалов, будет иметь вид

$$X+У+Z=100 \quad (1)$$

Два других уравнения будут представлять собой весовые балансы кремния и марганца, вносимые в шихту ее отдельными компонентами.

Баланс кремния $3{,}3\ X + 2{,}25У + 1{,}7Z = 2{,}2 \cdot 100$ (2)

Баланс марганца $0{,}7X + 0{,}5У + 1{,}0Z = 0{,}75 \cdot 100$ (3)

Решая совместно уравнения (1,2,3) определяют X, У, и Z , т.е. количественное соотношение компонентов в шихте.

Форма отчета

Лабораторная работа 1

Тема. Расчет шихты

Задание ...(см. выше)

Исходные данные по варианту...

Марка чугуна	Химический состав чугуна, %					Угар,%	
	C	Si	Mn	P	S	Si	Mn

Порядок расчета

1. Расчет химического состава шихты.
2. Расчет количественного состава шихты графическим способом.
3. Расчет количественного состава шихты аналитическим способом.
4. Вывод (результаты решения).

Работу выполнил	
Работу принял	

Лабораторная работа 2
Определение свойств формовочных смесей

Цель работы. 1. Изучение свойств формовочных смесей.

2. Изучение методики испытания формовочных смесей.

Задание. 1. Ознакомиться с методикой испытания, устройством и работой приборов, применяемых для определения свойств формовочных смесей.

2. Определить свойства заданных формовочных смесей и сделать выводы.

3. Составить отчет.

1. Состав и свойства формовочных смесей

Формовочные смеси предназначены для изготовления литейных форм, в которых путем заливки расплавленного металла получают отливки. Формовочные смеси должны обладать следующими свойствами.

1. Прочностью - способностью литейных форм не разрушаться при заливке металлом, при сборке и транспортировке форм.
2. Пластичностью - способностью деформироваться под действием внешней нагрузки без нарушения целостности, отчетливо воспринимать и точно сохранять отпечаток модели.
3. Газопроницаемостью - способностью пропускать газы через стенки формы.
4. Податливостью - способностью сжиматься под действием усадочных усилий охлаждающихся отливок.
5. Огнеупорностью - способностью выдерживать высокую температуру заливаемого в форму металла, не размягчаясь, не расплавляясь и не пригорая к поверхности отливок.

Главными компонентами формовочных смесей являются песок и глина. Правильно приготовленная формовочная смесь состоит из зерен песка, покрытых глиной и имеет каналы для выхода газа. Для придания формовочным смесям пластичности и формуемости в их состав вводится влага в количестве 4 - 8 % и связующие.

Кроме того, в формовочные смеси вводят специальные добавки. В качестве противопригарных добавок применяются при чугунном литье - каменноугольная пыль, при бронзовом литье -мазут, при стальном литье - маршалит (пылевидный кварц). Их доля составляет 5 - 12 %.

Для повышения газопроницаемости в формовочные смеси вводят древесные опилки или муку, торф в количестве 10 - 15 %. Эти добавки, выгорая, дают дополнительные каналы для выхода из форм воздуха и других газов.

Формовочные смеси подразделяются на облицовочные, наполнительные и единые. Облицовочной смесью заполняют ту часть формы, которая соприкасается с жидким металлом. Поэтому в ее состав вводится значительное количество свежих материалов для придания высоких свойств. Наполнительная смесь насыпается на слой облицовочной смеси и ею заполняется вся форма. Она готовится из отработанной смеси, выбитой из опок. Единой смесью набивают всю форму при машинной формовке.

Приготовленные формовочные смеси перед употреблением подвергаются лабораторным испытаниям на влажность, газопроницаемость и прочность в сыром и сухом состоянии.

2. Испытание формовочной смеси

2.1. *Приготовление стандартного образца*

Стандартный образец (изделие определенных размеров и формы из данного материала), в частности, для определения предела прочности на сжатие и газопроницаемости формовочной смеси.

Для приготовления образца берут 160 - 180 г смеси, засыпают ее в гильзу и уплотняют на копре (рис. 1) за три удара. При этом должен быть получен образец высотой 50 ± 0,8 мм, что контролируется по положению торца штока 1 копра относительно рисок, расположенных на вертикальном приливе стойки 2 станины. В случае несоответствия высоты (объема навески) образец бракуют, берут навеску иной массы и уплотняют на копре.

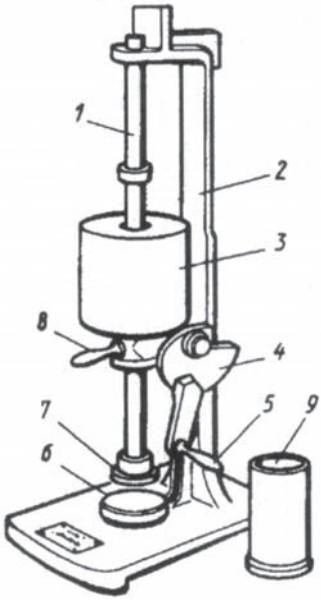


Рис. 1. Копер лабораторный

Образцы, проверяемые на газопроницаемость получают в неразъемной гильзе 9, а в разъемной гильзе готовят образцы для испытания на сжатие. Последние извлекают из гильзы (сняв с нее поддон 6 и раскрыв ее) с помощью специального выталкивателя.

2.2. *Определение газопроницаемости формовочной смеси*

Газопроницаемость определяют по времени прохождения определенного объема воздуха через стандартный образец и давлению воздуха перед ним.

Для этого служит прибор (рис. 2) на основании 13 которого установлен бак 5, заполняемый водой до уровня ниже его верхней кромки на 120 мм. Здесь же имеются: затвор 9 для гильзы с образцом 7, трехходовой кран 10 и манометр 12.

Помещенный в бок колокол 3 при закрытом кране 10 погружается в воду на определенную глубину и опирается на сжатый воздух. Если кран открыть, то сжатый воздух выйдет, а колокол опустится.

Порядок испытания.

Поставить трехходовой кран в положение "Открыто". Отрегулировать положение нулевой точки манометра по уровню водяного столба. Осторожно поднять колокол до совпадения отметки X на его боковой поверхности с верхней кромкой бака и повернуть кран в положение "Закрыто".

Установить гильзу с испытуемым образцом в затвор 9 (образец расположить вверху) и плотно закрепить ее гайкой.

Затем установить кран в положение "Испытание". При совпадении отметки 0 на колоколе с краем бака включить секундомер. При прохождении отметки 1000 зафиксировать давление воздуха по манометру. При подходе отметки 2000 остановить секундомер и зафиксировать время. Поставить трехходовой кран в положение "Закрыто".

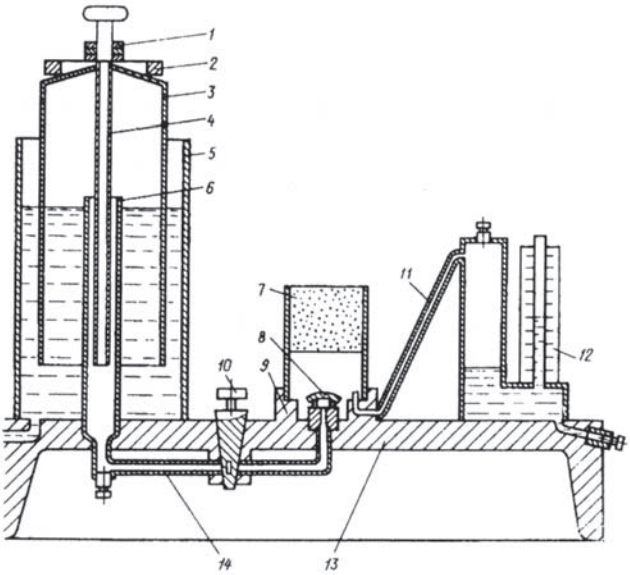


Рис. 2. Прибор для определения газопроницаемости:
1-ручка; 2-груз; 3-колокол; 4-стержень; 5-бак; 6-трубка;
7-образец; 8-ниппель; 9-затвор; 10-трехходовой кран;
12-манометр

Рассчитать газопроницаемость по формуле

$$К = V \cdot Н / (F \cdot Р \cdot t) \text{ или } К = 509,5 / (Р \cdot t),$$

где V - объем воздуха, прошедшего через образец,
V = 2000 куб. см;
Н - высота образца, Н = 5см;
F - площадь поперечного сечения образца,
F = 19,62 кв. см;
Р - давление воздуха перед образцом, Па
t - время прохождения данного объема воздуха, мин.

Примечания.

1. Для пересчета давления р (мм водяного столба) в давление Р (Па) использовать зависимость

$$Р = 9,8 \cdot р \text{ , Па}$$

2. Газопроницаемость - величина безразмерная.
3. Испытывают три образца.
4. Газопроницаемость различных смесей составляет 30-150 единиц.

2.3. *Определение прочности смеси при сжатии*

Проверить и, при необходимости, установить указатель 4 каретки (подвижной опоры) на нулевое деление шкалы, нанесенной на рычаг 5 прибора (рис. 3).

Установить опытный образец на площадку 6 и осторожно прижать его упором 8 с помощью винта 7.

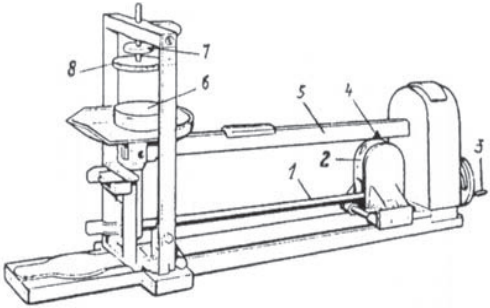


Рис. 3. Прибор для определения предела прочности смеси при сжатии

Вращая винт 1 рукояткой 3 ($n \approx 40$ мин$^{-1}$), перемешать каретку пока под действием возрастающей нагрузки образец не разрушится. При этом указатель 4 зафиксирует на шкале значение предела прочности на сжатие в кгс/кв.см. Для перевода в кПа умножить полученное значение на 100.

Испытав три образца, находят среднее арифметическое значение показателя. В случае отклонения одного из значений предела прочности от среднего больше чем на 10 %, испытание повторяют.

2.4. *Определение прочности смеси при растяжении*

Предел прочности $\sigma_в$ определяет на сухих образцах, имеющих форму восьмерки и изготовленных в специальном стержневом ящике за три удара груза лабораторного копра. Навеска смеси 110-120 г, режим сушки зависит от вида связующего материала.

Испытания проводят на рычажном приборе (рис. 4) при постоянном соотношении плеч рычага 3 и переменной нагрузке (масса дроби) в ведре 6.

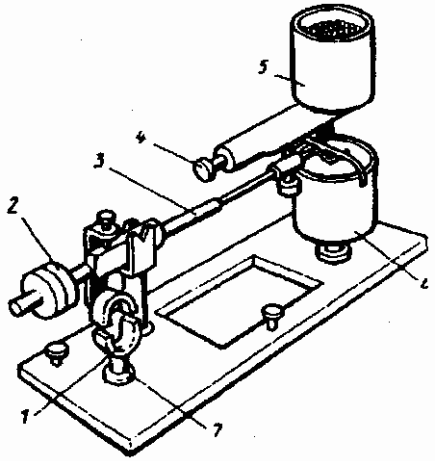


Рис. 4. Прибор для определения прочности образца при растяжении

Порядок испытания. Рычаг 3 установить в горизонтальное положение, перемещая груз 2. Вращением гайки 7 поднять нижний захват 1 в крайнее верхнее положение. Вставить образец в захваты зажимного устрой-

ства. Вращением гайки 7 выбрать зазоры между образцом и захватами. Оттянуть затвор 4 воронки 5, из которой дробь потечет в ведро 6, а на образец будет передаваться возрастающее усилие растяжения.

В момент разрыва образца рычаг 3 падает, при этом затвор 4 перекрывает выходное отверстие воронки.

Взвесить дробь, находящуюся в ведре 6.

Рассчитать предел прочности по зависимости

$$\sigma_в = \frac{10 \cdot Q}{f}, \text{ кгс/см}^2$$

или $$\sigma_в = 981 \cdot \frac{Q}{f}, \text{ МПа},$$

где 10 - соотношение плеч рычага;

Q - вес дроби, кг;

f - площадь поперечного сечения образца,

$f = 6{,}25$ см^2.

2.5. *Определение влажности формовочной смеси*

Влажность - содержание в смеси свободной и гигроскопической влаги, выраженное в процентах к массе смеси.

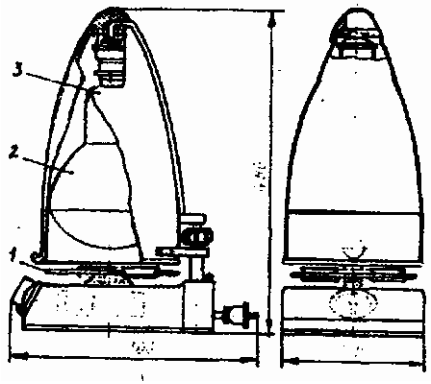


Рис. 5. Прибор для определения влажности смеси

Для ускоренного определения влажности используют ламповый прибор (рис. 5). Навески смеси массой 10 г каждая взвешивают с точностью до 0,1 г в фарфоровых чашечках. Чашки с навесками устанавливают на сто-

лик 1 прибора под лампу 2 на расстоянии 40 -50 мм от нее. Прибор включают примерно на 3 мин. и высушивают смесь (до постоянной массы). Охлаждают и снова взвешивают навески. Влажность смеси

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100,\%,$$

где m_1 и m_2 - масса навески до и после высушивания.

Расхождение между результатами определения искомого показателя при влажности от 1 до 5 % не должны превышать 0,15 %, а при влажности более 5 % - 0,18 %. В противном случае опыт повторяют.

Форма отчета

Лабораторная работа 2

Тема…

1. Сущность определения газопроницаемости, схема прибора, результаты испытания смеси.
2. Схемы приборов для определения прочности смеси. Опытные данные.
3. Результаты определения влажности. Выводы по результатам испытаний.

Работу выполнил	
Работу принял	

Лабораторная работа 3

Разработка технологического процесса изготовления отливки в песчаной форме

Цель работы. Освоить основные принципы конструирования модельного комплекта и разработки технологического процесса изготовления отливок.

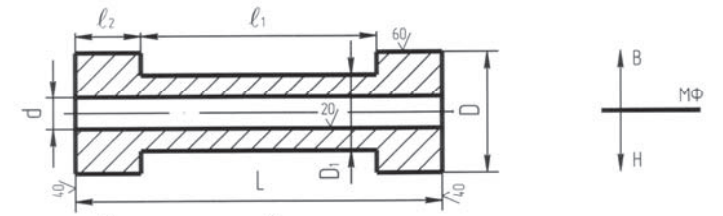
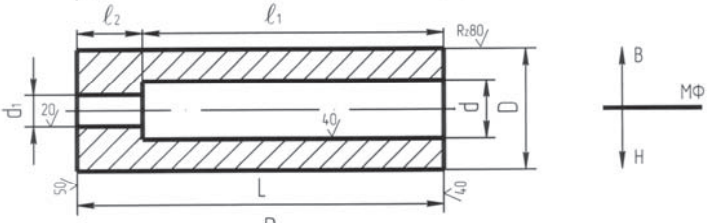
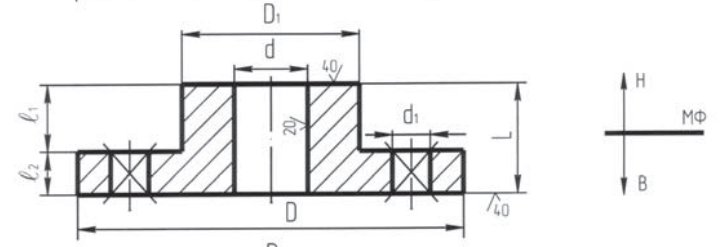
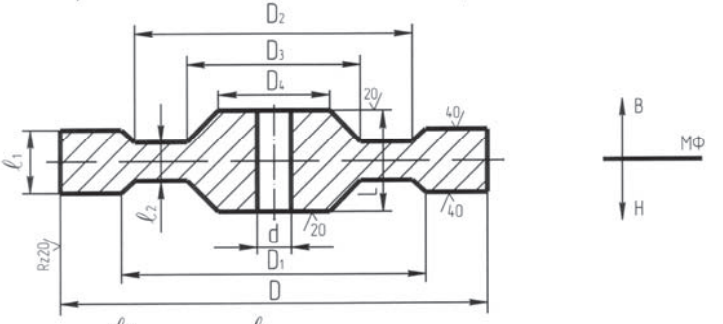
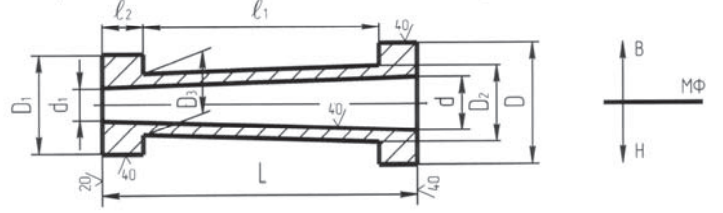
Задание. I. Для заданной детали спроектировать и заэскизировать модель отливки, стержень и литниковую систему.

2. Разработать технологию и составить карту основных операций изготовления формы.
3. Изобразить собранную форму с указанием ее элементов.

Задания. Размеры деталей

Вариант задания	Шифр детали	Размеры детали, мм									
		L	l_1	l_2	D	D_1	D_2	D_3	D_4	d	d_1
1.	I	300	180	60	240	150	-	-	-	60	-
2.	I	200	160	20	140	100	-	-	-	60	-
3.	I	400	300	50	300	200	-	-	-	100	-
4.	II	240	180	60	150	-	-	-	-	100	60
5.	II	180	140	40	120	-	-	-	-	80	50
6.	II	300	220	80	200	-	-	-	-	160	100
7.	III	250	230	20	200	100	-	-	-	60	20
8.	III	200	180	20	160	80	-	-	-	40	18
9.	III	150	125	25	150	80	-	-	-	40	20
10.	IV	150	130	30	320	290	270	100	90	50	-
11.	IV	140	120	20	300	270	250	90	80	60	-
12.	IV	120	100	15	250	220	200	90	80	50	-
13.	V	340	300	20	170	120	140	80	-	100	50
14.	V	300	260	20	190	140	160	100	-	120	70
15.	V	250	210	20	150	100	130	60	-	80	30
16.	V	220	180	20	140	90	100	60	-	70	20

Задания. Эскизы деталей

Шифр детали	Эскиз детали
I	
II	
III	
IV	
V	

1. Проектирование модели отливки

1.1. Общие положения

Модель - приспособление, предназначенное для получения рабочей полости в литейной форме. Основным исходным документом для разработки чертежа (эскиза) модели, стержневого ящика и отливки является чертеж детали, который выполняется с простановкой всех технологических указаний, необходимых для изготовления модельного комплекта, формы и стержней.

При конструировании модели и стержневого ящика на чертеже (эскизе) детали указываются: плоскость разъема модели и литейной формы, положение отливки в форме, стержни и их знаки, чистота (шероховатость) обрабатываемых поверхностей, припуски на механическую обработку, формовочные уклоны и галтели.

1.2. Обозначения разъемов модели и формы

Прямую плоскость разъёма модели и формы изображают прямым отрезком основной линии (ломаную плоскость - ломаным отрезком), над которым проставляют буквенное обозначение разъёма МФ (если модель неразъемная - только Ф). Направление разъёма изображают сплошной основной линией, ограниченной стрелками и перпендикулярной линии разъема.

1.3. Выбор поверхности разъема формы делают с учетом следующих положений:

форма и модель, по возможности, должны иметь одну, желательно плоскую горизонтальную, поверхность разъема;

в симметричных изделиях плоскость разъема должна проходить через ось симметрии;

всю отливку, если позволяет конструкция, нужно располагать в одной (лучше в нижней) полуформе во избежание перекосов;

модель должна свободно извлекаться из формы.

1.4. Положение отливки в форме

Наиболее ответственные рабочие части, плоские протяжённые поверхности; места, подлежащие механической обработке, по возможности,

располагать внизу, в крайнем случае - вертикально или наклонно. Это уменьшит вероятность образования газовых, земляных, шлаковых и усадочных раковин.

Формы для отливок, имеющих конфигурацию тел вращения (гильзы, втулки, барабаны) с обрабатываемыми наружными и внутренними поверхностями лучше заливать в вертикальном положении. Иногда формовку выполняют в одном положении, а заливают форму в другом.

Положение отливки в форме обозначают буквами **В** (верх) и **Н** (низ), которые проставляют у стрелок, указывающих направление разъема формы.

1.5. Определение припусков на механическую обработку

Отливки используются в основном в качестве заготовок, которые подвергаются дальнейшей механической обработке с целью получения заданных размеров и необходимой чистоты (шероховатости) поверхности. С этой целью на поверхностях отливки, подлежащих механической обработке, предусматривают припуски. **Припуски** назначают в зависимости от габаритных размеров отливки, класса точности деталей и положения обрабатываемой поверхности в форме при заливке ее жидким металлом. Припуск для обрабатываемой поверхности в верхней части отливки выбирают больше, чем для поверхностей, расположенных в нижней и боковой частях отливки. Это объясняется скоплением газов и неметаллических включений в верхних частях отливок.

В соответствии с ГОСТом 26645-85 припуски на обработку (на сторону) устанавливают в зависимости от допусков размеров отливки дифференцированно для каждого элемента. Допуски определяют в зависимости от номинальных размеров отливки.

Классы точности отливок зависят от способа литья, наибольших габаритных размеров отливок, вида сплава. Для отливок из серого чугуна с габаритами до 630 мм, получаемых в песчаных формах классы точности назначают от 7т до 12-го. Для сложных (со стержнем) отливок, получаемых мелкосерийно и индивидуально можно принять 10 класс.

Таблица 1. Допуски линейных размеров отливок по 10 классу точности

Номинальный размер, мм	17-25	26-40	41-63	64-100	101-160	161-250	251-400
Допуск, мм	2,0	2,2	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0

Для тех же условий ряды припусков 2-4.Принимаем 4-й ряд (табл.2).

Таблица 2. Основные припуски на механическую обработку отливок

Допуски размеров отливок, мм	1,61 -2,00	2,01-2,40	2,41-3,00	3,01-4,00
Основной припуск, мм:				
низ или бок,	3,4-4,2	3,8-4,6	4,2-5,0	5,0-6,5
верх отливки	4,2-5,0	4,6-5,5	5,0-6,5	5,5-7,0

Указания. Составить таблицу, в верхней строке которой проставить все номинальные (измеряемые при механической обработке) размеры обрабатываемых поверхностей. Во второй строке записать выбранные из табл. 1 допуски и в третьей строке - соответствующие им припуски.

Нанести припуски на эскиз детали. Припуск обозначают тонкой сплошной линией у обрабатываемой поверхности. Значение припуска проставляют перед знаком шероховатости поверхности детали.

1.6. Формовочные уклоны.

Формовочными называют уклоны, выполненные на вертикальных стенках модели, стержневых ящиков, а также на углублениях и выступах элементов модельного комплекта. Если в отливке предусмотрены конструктивные уклоны, то формовочные не делают.

Формовочные уклоны выполняют в направлении извлечения модели из формы или стержня из ящика. Значения уклонов принимать по табл.3.

Таблица 3. Формовочные уклоны поверхностей, образующих полость формы, β

Высота h поверхности модели, извлекаемой из формы, мм	Деревянная модель	Металлическая или пластмассовая модель
До 20	3°	1°30′
21-50	1°30′	1°
51-100	1°	0°45′
101-200	0°45′	0°30′
201-300	0°30′	0°30′
301-800	0°30′	0°20′

Формовочные уклоны на обрабатываемых поверхностях отливки следует выполнять сверх припуска на механическую обработку, на необрабатываемых поверхностях - в зависимости от того сопрягаются они или не сопрягаются с другими деталями.

1.7. Припуск на усадку сплава

Усадкой называют уменьшение объема сплава при его кристаллизации и при охлаждении в твердом состоянии. На усадку данного сплава влияют размеры и форма отливки, свойства формовочных материалов. Так, крупные и круглые полые отливки практически не дают усадки по диаметру, в то время как по высоте она будет. Усадка может быть неполной из-за торможения ее литейной формой.

Предположим, что усадка заданной отливки равномерна во всех направлениях и составляет для серого чугуна 0,8%. Нужно вычислить значения усадки для габаритных размеров отливки и отверстий под стержни. Полученные значения учесть при выполнении эскиза модели.

1.8. Галтели - закругления внутренних углов модели (и отливки). Галтели предотвращают осыпание формовочной смеси при извлечении модели из формы. Радиусы галтелей составляют от 1/5 до 1/3 средней арифметической толщины сопряженных стенок отливки, т.е. или 0,5(**а + в)**.

Стандартные значения радиусов выбрать из ряда: 5,8,10,15,20, 25,30 и 40 мм.

2. Проектирование стержня

Стержень - это элемент литейной формы, служащий для образования отверстия (внутренней полости) отливки. Диаметр (толщина) стержня рассчитывается исходя из соответствующего размера внутренней полости детали с учетом припусков на механическую обработку и усадку материала по формуле

$$Д_{ст} = Д_{отв.} - 2\delta + \varepsilon,$$

где $Д_{отв.}$- диаметр отверстия детали, мм;

δ – припуск на механическую обработку, мм;

ε – усадка отливки по диаметру отверстия, мм.

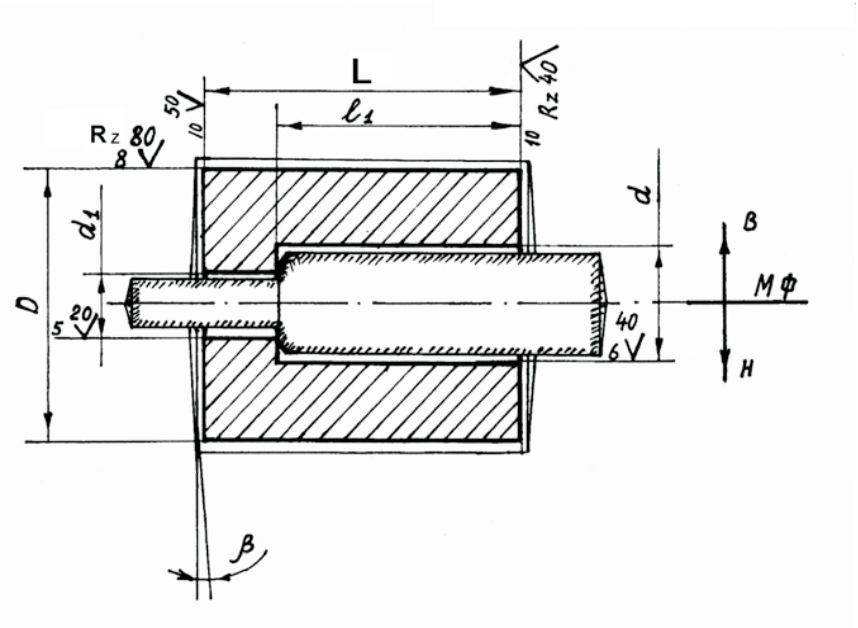


Рис. 1. Эскиз детали с элементами литейной технологии

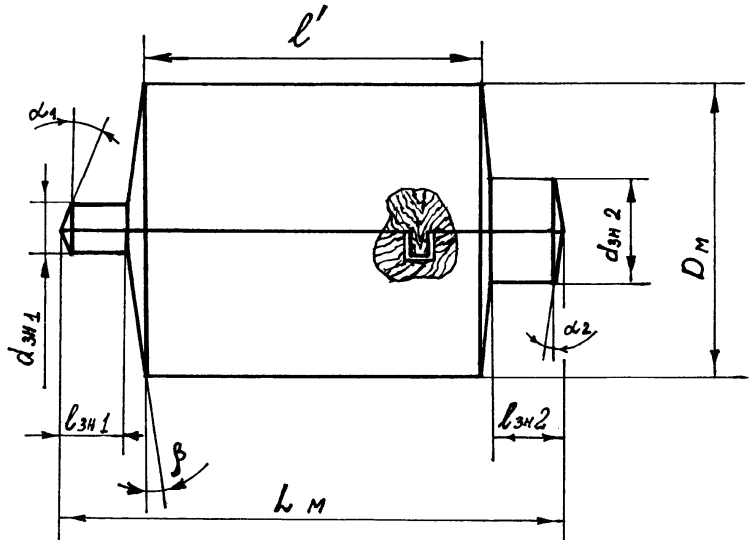


Рис. 2. Эскиз модели

Для установки и закрепления стержней в форме на них предусматриваются стержневые знаки. Размеры знаков горизонтальных и вертикальных стержней выбирают в соответствии с ГОСТ 3606 - 80 по табл. 4, а уклоны - по табл. 5.

Таблица 4. Длина горизонтальных и высота нижних вертикальных знаков

Диаметр стержня, мм	Размеры знаков, в мм не более при длине стержня, в мм															
	до 50		51-80		81-120		121-180		181-250		251-315		316-400		401-500	
	гор	вер	гор	вер	гор	вер	гор	вер	гор	вер	гор	вер	гор	вер	гор	вер
до 30	20	20	25	30	30	30	35									
31-50	20	20	25	35	30	35	35	35	45	50	50	60		60		70
51-80	20	25	25	35	30	35	40	35	50	40	55	50	60	60	70	70
81-120	20	25	25	35	35	35	45	35	55	40	60	50	70	60	80	70

Высоту верхних вертикальных знаков принимают не более 0,5 высоты нижних.

Таблица 5. Уклоны знаков в градусах

Высота знака, мм	Знак вертикального стержня		Знак горизонтального стержня, α
	нижний	верхний	
до 30	10	15	4
31 - 50	7	10	3
51 - 80	6	8	2

Примечание. Высота горизонтального цилиндрического знака принимается равной половине его диаметра.

На чертеже детали стержни и их знаки изображаются сплошной тонкой линией с нанесением штриховки по контуру.

После определения припусков, уклонов, радиусов галтелей и проектирования стержня эскиз детали дополняется элементами литейной технологии (рис.1) и вычерчивается эскиз модели с указанием всех линейных и угловых размеров (рис.2).

3. Расчёт литниковой системы

Литниковая система служит для подвода металла в полость литейной формы, улавливания шлака и состоит из литниковой чаши, стояка, шлакоуловителя и выпоров (рис.3).

Стояк и выпоры имеют форму усеченного конуса с уклоном от 3 до 5^0. Шлакоуловитель и питатель в поперечном сечении имеют форму трапеции.

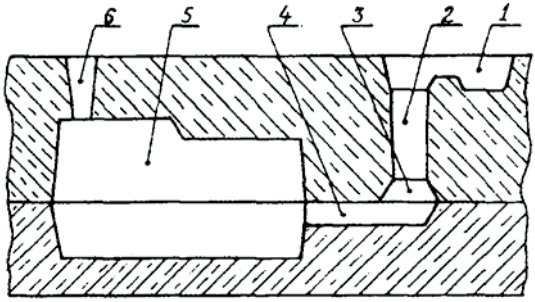


Рис. 3. Литниковая система:
1-литниковая чаша; 2-стояк; 3-шлакоуловитель;
4-питатель; 5-рабочая полость; 6-выпор

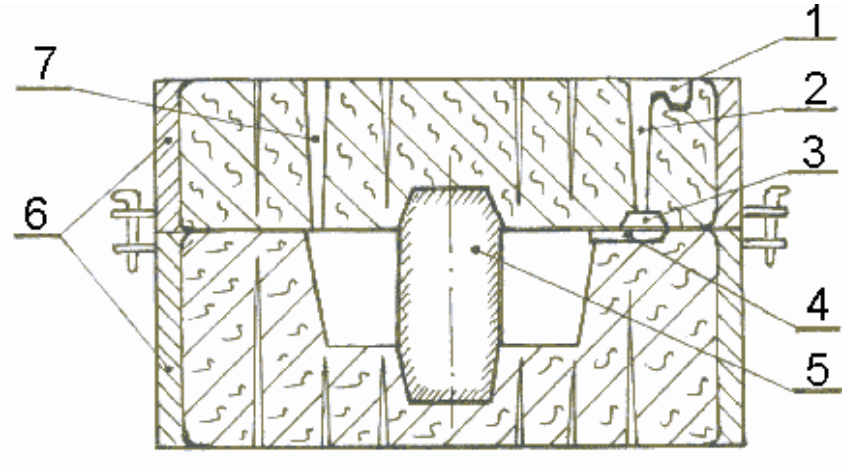


Рис. 4. Литейная форма:
1-чаша; 2-стояк; 3-шлакоуловитель; 4-питатель;
5-стержень; 6-опоки; 7-выпор

При формовке шлакоуловитель, стояк, литниковая чаша и выпоры располагаются в верхней полуформе, а питатели - в нижней.

Расчет литниковой системы сводится к определению площади поперечных сечений ее элементов.

Площадь сечения питателя можно определить по эмпирической формуле

$$\mathbf{F_п = C\sqrt{M}}\ , \qquad см^2$$

где C - к-т, зависящий от средней толщины стенки отливки;
M - масса отливки, кг.

Таблица 6. Значения коэффициента С

Толщина стенок отливки, мм	Значение коэффициента С
до 5	0,8
8-15	0,65
15-30	0,55
свыше 30	0,50

Площадь сечений шлакоуловителя и стояка в основании определяется из соотношения

$$F_п : F_{шл} : F_{ст} = 1,0 : 1,1 : 1,5$$

Сечение выпора принимают равным 0,6 - 0,85 сечения стояка.

Для предупреждения образования усадочных раковин в некоторых (например, толстостенных) отливках необходимо предусмотреть специальные приливы - прибыли, масса расплава в которых принимается от 0,8 до 1,5 массы питаемого узла.

4. Выбор основных операций изготовления литейной формы

Последовательность выполнения операций формовки и их содержание зависят от вида модели (разъемная или неразъемная), наличия или отсутствия стержней, размеров отливки и других факторов.

Для мелких(до 100 кг) и средних (М > 100 кг) отливок ручное изготовление формы в двух опоках по разъемной модели со стержнем можно назначить в следующем порядке.

1.На подмодельную плиту установить нижнюю часть модели, модель питателя (рис. 4) и нижнюю опоку разъемом вниз.

2.Просеянную облицовочную смесь уплотнить руками на полумоделе слоем 20-30 мм.

3. Насыпать в опоку слой наполнительной смеси высотой 50 - 70 мм и уплотнить его трамбовкой. Повторять эту операцию до получения небольшой выпуклости над краями опоки.

4. Срезать линейкой излишки формовочной смеси и сделать иглой вентиляционные каналы.

5. Повернуть нижнюю опоку на 180°, установить на нее верхнюю опоку. На нижнюю часть модели установить ее верхнюю часть, разместить модели шлакоуловителя 3, стояка 2 и выпоров 7.

6. Плоскость разъема посыпать разделительным песком и повторить операции формовки 2,3,4.

7. Вырезать литниковую чашу 1 и извлечь модели стояка и выпоров.

8. Верхнюю полуформу снять и установить на плиту плоскостью разъема вверх.

9. Извлечь половинки модели отливки, модели шлакоуловителя и питателя. Исправить поврежденные места формы гладилками, ланцетами, ложечками.

10. Рабочую полость формы припылить серебристым графитом. В отпечатки нижней полуформы установить стержень 5, форму собрать под заливку металлом.

Заполнить карту операций изготовления литейной формы (табл.7).

Таблица 7. Карта основных операций изготовления формы

Наименование операции	Применяемый инструмент

Форма отчета

Лабораторная работа 3

Тема.

Задание.

1. Эскиз детали по варианту задания (рис. 1) с указанием элементов литейной технологии (плоскость разъема, положение отливки, припуски, уклоны, галтели).
2. Краткое пояснение, расчеты.
3. Эскиз модели (рис.2).
4. Расчет литниковой системы и ее эскиз (рис. 3).
5. Схема литейной формы (рис. 4).
6. Карта основных операций формовки.

Работу выполнил	
Работу принял	

Лабораторная работа 4

Разработка технологического процесса изготовления поковки

Цель работы. Ознакомиться с методикой разработки технологии и составлением технологической карты на изготовление поковки.

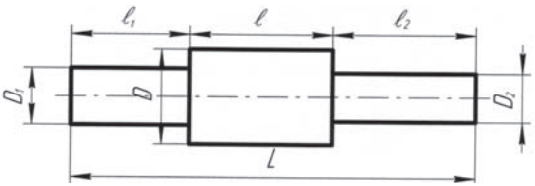
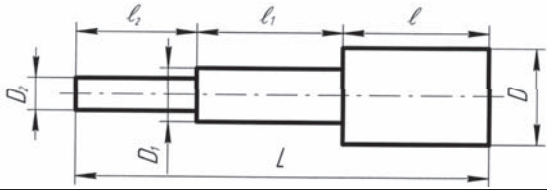
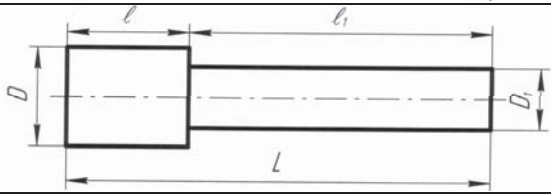
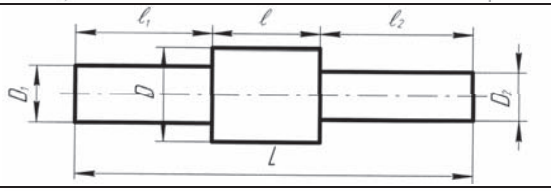
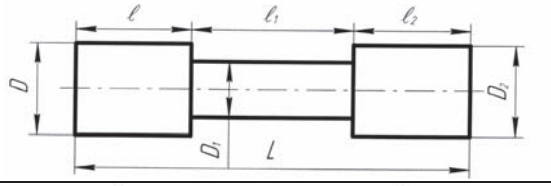
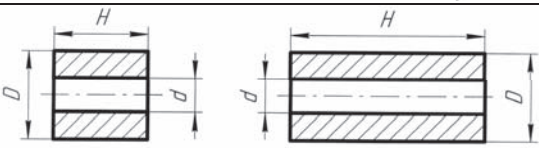
Задание. Для заданной детали:

1. Составить эскиз поковки.
2. Рассчитать размеры и массу заготовки.
3. Выбрать кузнечное оборудование и инструмент.
4. Выбрать нагревательное устройство и определить режимы нагрева и охлаждения заготовки.
5. Выполнить техническое нормирование.
6. Назначить кузнечные переходы.
7. Составить технологическую карту на изготовление поковки.

Задания по вариантам. Размеры деталей.

Вариант	Шифр поковки	Размеры детали в мм							
		L (H)	Д	$Д_1$	$Д_2$	l	l_1	l_2	d
1	1	300	180	150	100	150	80	70	
2	1	220	90	60	40	80	90	50	
3	2	260	100	65	50	90	100	70	
4	2	380	175	110	80	190	100	90	
5	3	120	70	40	-	30	90	-	
6	4	180	90	60	70	50	60	70	
7	3	280	100	70	-	80	200	-	
8	5	190	85	45	60	40	100	50	
9	5	260	105	65	80	70	110	80	
10	5	320	120	80	100	130	130	60	
11	6	30	90	-	-	-	-	-	30
12	6	55	115	-	-	-	-	-	45
13	6	70	155	-	-	-	-	-	65
14	7	120	100	-	-	-	-	-	60
15	7	180	180	-	-	-	-	-	60
16	7	210	220	-	-	-	-	-	100

Задания. Эскизы деталей

Шифр детали	Эскиз детали
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6, 7.	

1. Составление чертежа поковки

Чертеж (эскиз) поковки составляется по чертежу детали. Размеры поковки по сравнению с размерами готовой детали корректируются с учетом припуска на механическую обработку. Кроме того, на все размеры поковки назначаются допуски. Припуски и допуски на поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые свободной ковкой на молотах, регламентированы ГОСТ 7829-70. Припуски на диаметры круглых поковок (валов) с выступами и уступами назначаются по табл. 1. При этом, припуски на длину уступов принимаются кратными припуску на диаметр выступа наибольшего сечения, а припуск на общую длину поковки принимают равным 2,5 припуска на диаметр наибольшего сечения

Припуски на поковки-цилиндры, кольца и т.п. назначаются по таблице 2.

Поковки сложной формы иногда получают с ***напуском*** - дополнительным объемом металла (под канавки, стопорные кольца), который упрощает форму поковки и процесс ковки.

Указание I. Припуски на все номинальные размеры записать в отчет по лабораторной работе. Для упрощения расчета предельные отклонения не указывать.

Таблица 1. Припуски и предельные отклонения на диаметры для поковок - валов

Длина детали, мм	Припуски и предельные отклонения при диаметре детали D, мм						
	до 50	св. 50 до 70	св.70 до 90	св. 90 до 120	св.120 до 160	св.160 до 200	св. 200 до 250
До 250	5+2	6±2	8±2	9±3	-	-	-
Св. 250 до 500	6±2	7+2	8±2	9±2	10±3	11±3	12+3
Св. 500 до 800	7±2	8±2	9±3	10±3	11±3	12±3	13±4

Таблица 2. Припуски и предельные отклонения на поковки - диски, втулки с отверстиями, мм

Диаметр детали, мм	Размеры детали. На которые назначают припуски	Припуски и предельные отклонения при высоте детали Н, мм							
		до 50	св 50 до 65	св 65 до 80	св 80 до 100	св 100 до 125	св 125 до 150	св 150 до 180	св 180 до 215
Св 80 до 110	H	7±2	8±2	8±2	9±2	10±3	11±3	12±2	-
	D.L.B	7±2	8±2	9±2	10±2	10±2	11±3	12±4	-
	d	14±2	15±2	15±2	16±2	16±2	17±3	18±4	-
Св.110 до 150	H	7±2	8±2	9±2	9±2	10±2	11±3	12±4	13±4
	D.L.B	9±2	9±2	10±2	11±3	11±3	12±4	13±4	14±5
	d	15±2	16±2	16±2	17±3	17±3	18±4	19±4	20±5
св.150 до 200	H	7±2	8±2	8±2	9±2	10±3	11±3	12±3	13±4
	D.L.B	10±3	10±3	11±3	12±4	12±4	13±4	13±5	14±5
	d	16±3	17±3	17±3	18±4	18±4	19±4	19±4	20±5
Св.200 до 250	H	8±3	9±3	9±3	i0±3	11±4	12±4	13±4	14±5
	D,L.B	11±3	11±3	12±3	13±4	13 ±4	14±4	14±4	15±5
	d	17±3	18±3	18±3	19±4	19±4	20±4	20±4	21±5

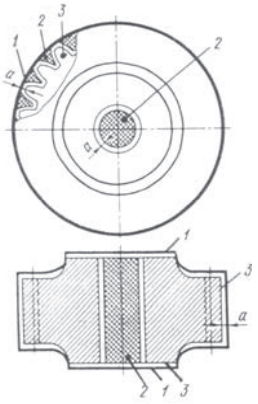
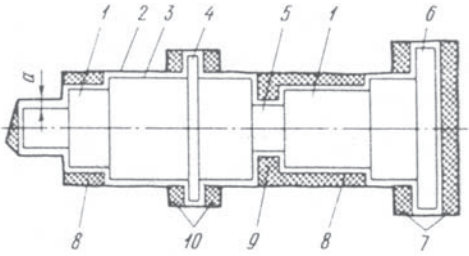


Рис. 1. Припуски и напуски на поковке шестерни:
1–контур поковки, 2 – напуск,
3 – контур готовой детали: d – припуск на обработку резанием.

Рис. 2. Припуски и напуски поковки ступенчатого вала:
1 – уступ, 2, 3 – контуры поковки и готовой детали, 4 – бурт, 5 – выемка, 6 – фланец,
7. . . 10 - напуски на фланец выемку и бурт.



Эскиз поковки рекомендуется выполнить отдельно. Допустимо совмещение эскизов поковки и детали как это показано на рис. 1.

2. Расчет массы и размеров заготовки

Исходной заготовкой для свободной ковки мелких и средних поковок служит прокат. Расчет заготовки из проката включает в себя определение ее объема, массы, поперечного сечения и длины. Объем заготовки определяется из уравнения

$$V_{заг.} = V_{пок.} + V_{обс.} + V_{уг.}, \quad (1)$$

где $V_{пок.}$ - объем поковки. Определяется как сумма элементарных объемов, на которые разбивают поковку;

$V_{обс.}$- объем обсечек, принимается равным 5-8 % от объема заготовки;

$V_{уг.}$ - угар металла (окалину) принимаем равным 2-5% от $V_{заг.}$

В среднем можно принять ($V_{обс.} + V_{уг.}$) ≅ 10 % от объема заготовки. Тогда уравнение (1) преобразуется следующим образом

$$V_{заг.} = V_{пок.} + 0{,}1V_{заг.}; \quad 0{,}9V_{заг.} = V_{пок.} \quad (2)$$

$$V_{заг.} = V_{пок.}/0{,}9 \quad (3)$$

***Указание** 2.* Все промежуточные расчетные данные при определении объема поковки свести в таблицу 3.

Таблица 3. К расчету объема поковки

Элементарный объем V_i	Площадь сечения F_i, см^2	Длина (высота) l_i, см	Объем V_i, см^3
I			
II			
III			

При изготовлении пустотелых поковок в расчет принимается еще объем выдры $V_{В.}$ Тогда

$$0{,}9V_{заг.} = V_{пок.} + V_{в.} \quad (4)$$

При прошивке сплошным прошивнем с подкладными кольцами

$$\mathbf{V_в = 0{,}75\frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h_в} \qquad (5)$$

где d - диаметр отверстия поковки;

$h_В$ - высота выдры, принимается равной высоте отверстия.

Масса заготовки $М_{заг.}$ определяется исходя из рассчитанного объема и плотности металла

$$\mathbf{M_{заг} = V_{заг} \cdot \gamma,} \qquad (6)$$

где γ - плотность стали, равная 7,8 г/см^3.

После определения массы заготовки приступают к расчету ее размеров.

Площадь поперечного сечения заготовки находят с учетом значения уковки (коэффициента уковки), определяющей степень деформации металла, от которой зависит размер зерна.

Уковка при *вытяжке* заготовки характеризует уменьшение её поперечного сечения

$$\mathbf{У_в = \frac{F_{ЗАГ}}{F_{max}}} \quad , \qquad (7)$$

а при *осадке* - увеличение сечения

$$\mathbf{У_0 = \frac{F_{max}}{F_{ЗАГ}}} \quad , \qquad (8)$$

где У - уковка, для проката принимается равной 1,3 -1,5 ;

$F_{заг}$ - рассчитываемая площадь поперечного сечения заготовки;

F_{max} - максимальная площадь поперечного сечения поковки.

При изготовлении поковки осадкой необходимо соблюдать следующее правило: высота (длина) заготовки должна быть не более 2,5 диаметра её во избежание изгиба при осадке.

На основании рассчитанной площади поперечного сечения заготовки по ГОСТ 2590 выбирают ближайший больший раз-

мер сечения проката. Стандартные диаметры и соответствующие им площади поперечного сечения круглого проката приведены в табл. 4.

Таблица 4. Поперечные сечения проката

Диаметр, мм	Площадь поперечного сечения, см^2	Диаметр, мм	Площадь поперечного сечения, см^2
50	19,64	120	113,10
53	22,06	125	122.72
56	24,63	130	132,73
60	28.27	140	153.94
63	31,17	150	176.72
65	33.18	160	201.06
70	38.48	170	226.98
75	44.18	180	254.47
80	50.27	190	283.53
85	56.75	200	314.16
90	63.62	210	346.36
95	70,88	220	380,13
100	78.54	240	452.39
105	86.59	250	490.88
110	95,03		

Длина заготовки определяется по формуле

$$\mathbf{L = \frac{V_{ЗАГ}}{F_{З.Т.}}\ , см} \qquad (9)$$

где $F_{з.т.}$ - площадь поперечного сечения проката, принятая по таблице.

3.Выбор кузнечного оборудования и инструмента

При разработке технологического процесса ковки важное значение имеет правильный выбор оборудования и определение мощности молота, которая характеризуется массой падающих частей. Молоты подбираются в зависимости от размеров заготовки по табл.5.

Таблица 5. Мощность молотов

Диаметр поперечного сечения заготовки, мм	50	60	70	85	100	115	135	160	225	275	300
Масса падающих частей, кг	100	150	200	300	400	500	750	1000	2000	3000	5000

Инструмент для машинной свободной ковки делится на три группы: для обработки, для удержания и для измерения поковок. К инструменту для обработки поковок относятся бойки молота, обжимки - для отделки поверхностей, пережимки для образования различных углублений, раскатки - для местной вытяжки, топоры - для рубки металла, прошивни (при изготовлении отверстий диаметром более 25 мм) и пробойники. Для удержания поковок применяются различные клещи. Для измерения поковок используют линейки, кронциркули и шаблоны.

4. Выбор нагревательного устройства и определение режимов нагрева и охлаждения

Для нагрева поковок наибольшее распространение получили пламенные и электрические печи камерного типа. В условиях мелкого ремонтного производства применяют еще горны открытого типа.

Обоснование режима нагрева заключается в правильном выборе максимальной температуры, времени выдержки и скорости нагрева заготовки. Максимально допустимая температура нагрева перед ковкой для углеродистых сталей должны быть ниже их температуры плавления примерно на 150°С. Эту температуру принимают несколько выше температуры начала ковки **Тн** с учетом остывания заготовки при передаче её после нагрева к молоту.

Температура конца ковки углеродистых сталей **Тк** устанавливается на 50 - 70° выше линии GSK диаграммы железо - цементит. Ниже этой температуры в процессе ковки возможен наклеп металла и появление в нем трещин, а также преждевременный износ оборудования. Окончание ковки при температуре значительно превышающей расчетную Тк приводит к получению перегретого крупнозернистого металла. Рекомендуется заканчивать ковку при температуре выше Тк на 20 - 30°С.

По табл. 6 определить температурный интервал ковки заданной стали - выписать температуры Тн и Тк.

Таблица 6. Температурные интервалы ковки сталей

Марка стали	Температура, ^{0} С		
	Тн	Тк	пережога
Ст 2, Ст 3,10,15,	1300	700	1470
18, 20, 30, 35	1280	750	1400
40, 45, 50	1260	760	1350
55, 60	1230	760	1300
15Х, 20Х	1250	760	1300
30Х, 30ХГС	1240	800	-
40Х, 50Х, 40ХН	1250	800	-

Продолжительность нагрева и необходимой выдержки заготовок в печи определяется по формуле

$$\mathbf{t = k \cdot Д \cdot \sqrt{Д}\ , час} \qquad (10)$$

где t - минимальное время нагрева заготовки, час;

к- коэффициент, равный 10 для низкоуглеродистой и низколегированной и 20 - для высокоуглеродистой и легированной стали;

Д(В)- диаметр круглой или сторона квадратной заготовки, м

Важной операцией получения качественных поковок является их охлаждение, поэтому в технологических картах должен указываться способ охлаждения.

Поковки из мало- и среднеуглеродистых сталей охлаждают на воздухе. Поковки из высокоуглеродистых и легированных сталей размером до 100 мм охлаждают на воздухе, при размерах 100 -200 мм в штабелях на воздухе и при размерах 200 - 300 мм - в колодцах на воздухе.

5. Техническое нормирование ковки

Наличие вполне определенного температурного интервала для пластической деформации металла Тн - Тк дает возможность определить время ковки. Определив время остывания в пределах температурного интервала

ковки, тем самым определяют время ковки. В зависимости от конфигурации и размеров поковка изготавливается с одного или нескольких нагревов. Умножив количество нагревов на время остывания, получают общее время, необходимое для изготовления поковки. Продолжительность остывания $t_{ост}$ определяется по формуле

$$\mathbf{t}_{ОСТ.} = C \cdot m\ ,\ \text{мин} \qquad (11)$$

где C- температурный фактор, зависящий от температуры начала ковки, выбирается по табл. 7.

m - геометрический фактор, зависящий от размеров заготовки, определяется по формуле

$$\mathbf{m} = \frac{\mathbf{1}}{\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{L}} + \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{b}} + \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{h}}}, \qquad (12)$$

где L, b, h, - соответственно длина, ширина и толщина заготовки, мм

Таблица 7. Температурный фактор С

Начальная температура ковки,°С	1000	1100	1200	1250	1300
Значение С	0,12	0,20	0,25	0,27	0,28

Оперативное время ковки ton определяется по формуле

$$\mathbf{t}_{оп} = \mathbf{n} \cdot \mathbf{t}_{ост}, \qquad (13)$$

где n - количество нагревов для изготовления поковки.

Количество нагревов устанавливают исходя из следующих соображений: простые по форме поковки (валики, фланцы, втулки и т.д.) при длине заготовки до 1500 мм требуют один нагрев; поковки средней сложности (многоступенчатые валы, тяги с головками, шатуны и т.п.) требуют два нагрева; сложные поковки при длине свыше 1500 мм требуют три нагрева.

Норму времени $t_н$ определяют по формуле

$$t_н = 1{,}25\, t_{оп} + \frac{t_{пз}}{n_{шт}} \qquad (14)$$

где $t_{пз}$ - подготовительно-заключительное время;
принимается равным: для простых поковок 6 мин, для поковок средней сложности - 8 мин, для сложных поковок -10 мин;
$n_{шт}$ - количество поковок в партии.

6. Назначение кузнечных переходов

При разработке технологии ковки необходимо стремиться к наименьшему числу переходов и минимуму отходов металла. Кузнечные переходы, их последовательность зависят от конфигурации поковки и технических условий на её изготовление. Выбранные переходы и промежуточные размеры заготовки заносят в технологическую карту. Пример составления технологической карты на изготовление поковки из проката методом свободной ковки приводится в табл. 8.

Форма отчета

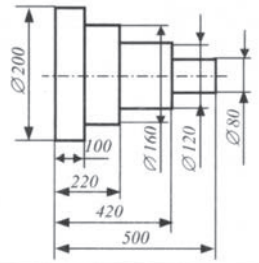
Лабораторная работа 4

Тема. Разработка технологического процесса изготовления поковки

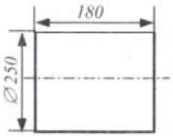
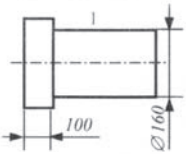
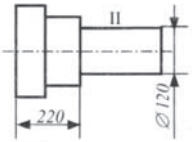
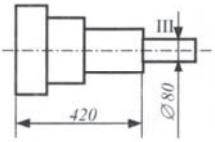
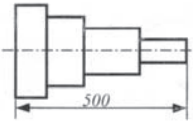
I. Задание.
2. Построение чертежа поковки.
3. Технологические расчеты.
4. Составление карты технологического процесса изготовления заданной поковки.

Работу выполнил	
Работу принял	

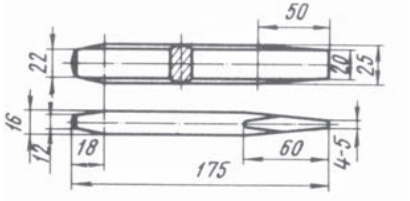
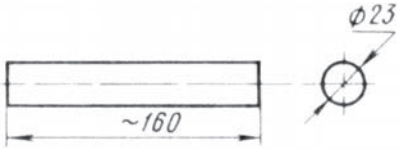
Таблица 8. Технологическая карта на изготовление поковки

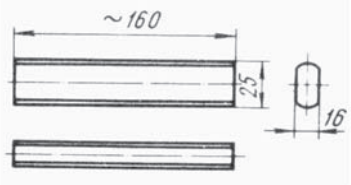
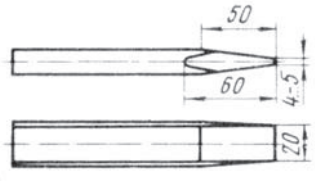


Материал			
Наименование	Марка	Профиль	Размер сечения, мм
Сталь	45	Круг	250
Масса, кг		Заготовка	
Поковки	Заготовки	Размеры, мм	Кол-во поковок из заготовки
62,5	68,8	250×180	1

Наименование операций и переходов	Эскизы переходов	Температура, °С		Оборудование		Инструмент	Норма времени в мин.
		Тн	Тк	Наимен.	Мощн, т		
1. Нагреть заготовку		1200		Камерн. Печь		Клещи	
2. Вытянуть заготовку до ∅ 200мм				Молот	1	Плоские бойки	
3. Вытянуть конец 1 от разм.100мм до ∅ 160мм			800	Молот		Обжимка, кронцир куль	
4. Нагреть заготовку		1200					
5. Вытянуть конец 2 от разм. 220 до ∅ 120мм				Печь		Пл. бойки, обжимка	
6. Вытянуть конец 3 от разм. 420 до ∅ 80мм				Молот		Кронцир-куль, обжимка	
7. Обрубить конец 3 до общего разм. 500мм			800	Молот		Пл. бойки, топор, клещи	$t_н$

Пример оформления технологической карты
(технологический процесс ковки зубила)

Эскиз поковки	Эскиз заготовки
	 Материал: сталь У7, У8

№ п/п	Операция, переход	Эскиз перехода	Оборудование, переход
1	Нагрев до $T_н = 1150\ ^0C$ ($T_к = 850\ ^0C$)	-	Камерная печь, (горн), клещи
2	Протяжка на полосу 16 х 25 мм		Пневматический молот, плоские бойки, кронциркуль, клещи
3	Протяжка боковых граней рабочей (рубящей) части		Плоские бойки, клиновая подкладка
4	Протяжка ударяемой части	-	Наковальня, кувалда, клещи, обжимка
5	Отделка поковки	-	Наковальня, кувалда, гладилка, ручник

Лабораторная работа 5

Оборудование для газовой сварки и резки металлов

Цель работы. Ознакомление с устройством и работой оборудования для газовой сварки и резки металлов

Задание I. Изучить оборудование для ацетилено-кислородной сварки и резки металлов.

2. Составить отчет.

1. Общие сведения о газовой сварке

Газовая (кислородная) сварка основана на использовании тепла, получаемого при сжигании горючего газа в струе кислорода с помощью горелки. В качестве горючих газов применяют ацетилен C_2H_2 или другие газы, поставляемые на сварочный пост в баллонах. Ацетилен может быть получен и на месте потребления.

Газовую сварку применяют при изготовлении тонких (до 5 мм) стальных изделий, сварке цветных металлов и их сплавов, при исправлении дефектов в чугунных и бронзовых отливках и при ремонтных работах.

2. Ацетиленовые генераторы

Аппараты для получения технического ацетилена путем разложения карбида кальция CaC_2 водой называют ацетиленовыми генераторами.

По способу взаимодействия карбида кальция с водой различают следующие виды (системы) генераторов:

"карбид в воду", в которых карбид периодически поступает из бункера в воду, где разлагается и выделается ацетилен;

"вода на карбид", когда вода периодически подается на корзину с карбидом;

контактного действия "погружением" и "вытеснением".

По давлению газа различают аппараты:
низкого давления - до 0,01 МПа (0,1 кгс/см кв.);
среднего давления - 0,01 - 0,15 МПа.

Аппараты высокого давления в сварочном производстве не применяют.

В зависимости от производительности и способа использования различают генераторы:

передвижные (производительностью до 3 м куб./ч);

стационарные (более мощные, на несколько сварочных постов).

3. Генератор ацетиленовый АСП - 10

3.1. Устройство и работа генератора

По способу взаимодействия карбида кальция с водой генератор относится к контактному типу с вытеснением воды. Производительность аппарата 1,5 м куб/ч, рабочее давление газа 0,01 - 0,15 МПа (0,1-1,5 кгс/см кв).

В корпусе генератора (рис.1) имеется три камеры: газообразователь 2, вытеснитель 4 и газосборник (промыватель) 7. Газообразователь 2 соединен с вытеснителем 4 переливным патрубком 5, а с газосборником трубкой 3.

Через отверстия, закрываемые пробками 6 и 8 , сливают ил (воду) из вытеснителя и газосборника. Через нижнее отверстие также контролируют уровень заливаемой воды.

На корпусе генератора устанавливают манометр I или индикатор давления, предохранительный клапан 11 и защитное устройство 10 с вентилем 9.

Корпус аппарата закрывается крышкой 10 (рис.2) с прокладкой 9. Уплотнение достигается за счет скоб 5, траверсы 11 и винта 4. В крышку встроен подвижной шток 13 с коромыслом 6, на котором подвешивается корзина с карбидом. Верхнее положение корзины фиксируется рукояткой I, опирающийся на втулку (фиксатор) 2, нижнее - гайкой 12 и рукояткой 3. Для опускания корзины боковые выступы рукоятки I совмещают с пазами втулки 2 и рукоятка I опускается. Регулируют положение штока по высоте гайкой 12. Три резиновых кольца 8 уплотняют шток. Перед заливкой воды в генератор нужно снять пробку 8(рис. 1) и убедиться, что пробка 6 надежно закрыта. Сняв крышку, заливают воду до уровня контрольного отверстия в газосборнике; в газообразователе установится уровень воды по обрезу трубки 3.

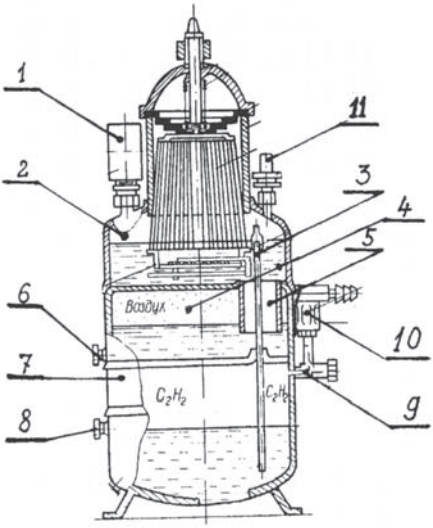


Рис. 1. Генератор ацетиленовый:
1-манометр; 2-газообразователь; 3-трубка переливная; 4-вытеснитель; 5-патрубок; 6 и 8-пробки; 7-газосборник, 9 вентиль; 10-защитное устройство; 11-клапан предохранительный

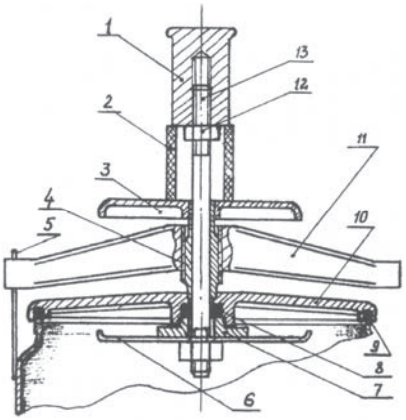


Рис. 2. Крышка генератора:
1-рукоятка штока; 2-фиксатор; 3-рукоятка винта; 4-винт; 5-скоба, 6-коромысло; 7-пробка; 8-кольцо уплотнительное; 9- прокладка; 10-крушка; 11-траверса, 12-гайка регулировочная; 13-шток

В герметично закрытом вытеснителе уровень воды устанавливается автоматически немного выше нижнего обреза переливной трубки 5, выше образуется воздушная подушка. Поэтому во время заполнения генератора водой не допускается его встряхивание.

Загруженная карбидом кальция корзина подвешивается на коромысло штока, установленного в верхнем положении. Крышку с корзиной ставят на горловину генератора и уплотняют; шток 13 опускают вниз и тем самым погружают в воду нижнюю часть корЗины.

Образующийся в результате реакции ацетилен по трубке 3 поступает в газосборник; проходя через слой воды газ охлаждается, промывается /поэтому газосборник называют промывателем/ и поступает на потребление.

В случае уменьшения отбора ацетилена давление газа повышается и вода из газообразователя 2 передавливаются в вытеснитель 4, объем замоченного карбида уменьшается и уменьшается газообразование. При снижении давления вода из вытеснителя поступает в газообразователь, что приводит к увеличению газообразования. Так автоматизируется процесс газовыделения.

При возрастании давления в генераторе выше допустимого (1,5 ± 0,2 кгс/см кв.) срабатывает предохранительный клапан. При этом ацетилен, преодолевая сопротивление пружины, поднимает мембраной клапан со штоком и выходит в атмосферу через открытое отверстие (рис.4).

3.2. Защитное устройство генератора АСП - 10

Защитное устройство (рис.3) предназначено для предохранения генератора от проникновения в него кислорода или воздуха со стороны отбора ацетилена, а также от взрывной волны при детонационном горении газовой смеси.

Т.к. устройство сухого типа, то оно может использоваться при минусовых температурах окружающего воздуха.

Работа устройства происходит следующим образом.

Ацетилен, пройдя через штуцер I и приподняв шарик 10, поступает к клапану 6. Клапан поднимается до соприкосновения с мембраной 7, а газ по петлевому каналу, выполненному в пластмассовом стакане 4 в виде верти-

кальных сквозных отверстий, соединенных попарно пазами стакана и уплотненных мембраной 7 и прокладкой 2, поступает из канала 9 через отверстие в мембране и ниппель 8 на потребление. Газ в первом канале идет вверх, во втором - вниз, затем вверх и т.д. пока не пройдет все каналы. В случае обратного перетока кислорода или воздуха клапан 6 и шарик 10 перекрывают входные каналы и защищают генератор.

При детонации ацетилено-кислородной смеси клапан 6 от удара по нему мембраной перекрывает входное отверстие, а детонационная волна, пройдя петлевой канал, локализуется в объеме между мембраной и клапаном. Защитное устройство и вентиль снабжаются теплозащитным чехлом, предотвращающим замерзание в них конденсата при низких температурах.

4. Газовые баллоны

Кислородные баллоны служат для хранения и транспортировки газообразного кислорода.

Стандартный баллон вместимостью 40 л при давлении 15 МПа содержит 6 м.куб. кислорода и представляет собой стальной сосуд цилиндрической формы, изготовленный из цельнотянутой трубы. В его верхней части имеется горловина с конической резьбой, в которую ввертывается латунный запорный вентиль, а также стальное кольцо с наружной резьбой для крепления защитного колпака. На выпуклое днище баллона насажен опорный башмак.

Ацетиленовые баллоны конструктивно аналогичны кислородным. Для безопасного хранения ацетилена под давлением баллоны заполняют пористой массой (древесный уголь, пемза) и на 40 % вместимости - ацетоном, который способен в единице объема растворять до 20 единиц ацетилена. В баллоне вместимостью 40 л при давлении 1,9 МПа содержится около 5м куб. ацетилена.

Окраска баллона белая с красной надписью "Ацетилен". Кислородный баллон окрашивают в голубой или синий цвет, надпись - черного цвета.

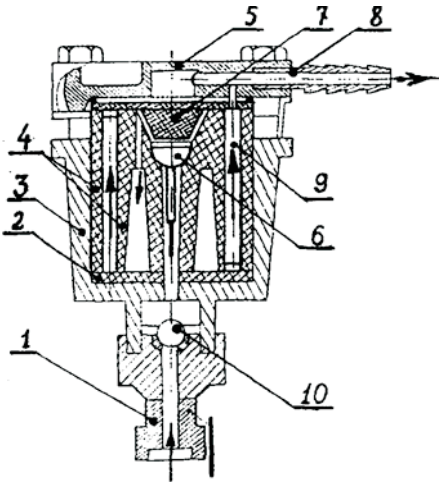


Рис. 3. Защитное устройство генератора АСП-10:
1-штуцер, 2-прокладка: 3-корпус: 4-стакан; 5-крышка; 6-клапан; 7-мембрана; 8-ниппель; 9-вертикальный канал; 10-шарик; 11-седло

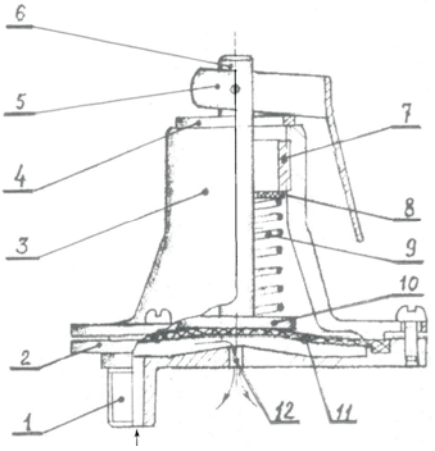


Рис. 4. Предохранительный клапан:
1-штуцер; 2-корпус; 3-крышка клапана; 4-шайба; 5-рычаг; 6-шток; 7-гайка; 8-шайба; 9-пружина; 10-клапан; 11-мембрана; 12-выпускное отверстие

5. Газовые редукторы

Газовые редукторы служат для понижения давления газа, отбираемого из баллона до рабочего и поддержанияего его на установленном уровне, независимо от изменения давления в баллоне. По принципу работы редукторы делят на двух - и одноступенчатые. Наиболее распространены однокамерные редукторы, устройство которых показано на рис.5. Газ из баллона через штуцер входит в камеру высокого давления 1 и через нормально открытый клапан 2 свободно проходит в рабочую камеру, дном которой служит упругая резиновая мембрана 7 . При возрастании давления в рабочей камере мембрана прогибается вниз, вместе с ней опускается клапан 2, соединенный с мембраной штоком 6. Из рабочей камеры газ может уходить через штуцер и ниппель в шланг горелки или резака. В случае неисправности или обратного удара редуктор предохраняется клапаном 3, соединенным с атмосферой. Рабочее давление газа может регулироваться с помощью пружины 8 и винта 9, воздействующих на мембрану с обратной стороны. При перерывах в работе, чтобы исключить возможную утечку газа, рекомендуется закрыть кран 5, перекрывающий выход газа в шланг. Аналогично устроен и ацетиленовый редуктор, отличающийся от кислородного следующими признаками: 1. наружная окраска делается белого цвета, 2. имеется накидной хомут для присоединения к баллону; 3. шкалы манометра имеют более низкие пределы.

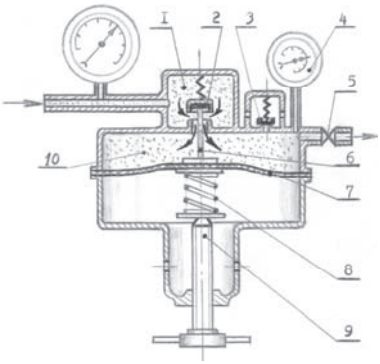


Рис. 5. Схема кислородного редуктора:
1-камера высокого давления; 2-клапан; 3-предохранительный клапан; 4-манометр; 5 -вентиль; 6-шток; 7-мембрана; 8-пружина;
9-регулировочный винт; 10-камера низкого давления

6. Сварочные горелки

Сварочные горелки служат для смешивания кислорода с горючим газом. Поджигая на выходе из горелки эту смесь, получают пламя, которое используют для сварки металлов Наиболее широко распространены горелки инжекторного типа (рис.6). По шлангу и трубке к вентилю и через него в инжектор 6 поступает кислород под давлением 0,1- 0,4 МПа (1-4 ат). Вытекая с большой скоростью из инжектора в смесительную камеру, струя кислорода создает в ней разряжение, вызывающее подсос (инжекцию) ацетилена, выходящего из генератора под низким давлением 0,03 МПа (0,3 ат.) Ацетилен поступает по шлангу через ниппель, корпус горелки 1 и вентиль в смесительную камеру, откуда ацетиленокислородная смесь по трубке наконечника 3 поступает в мундштук 4 и, выходя в атмосферу, образует при сгорании сварочное пламя,

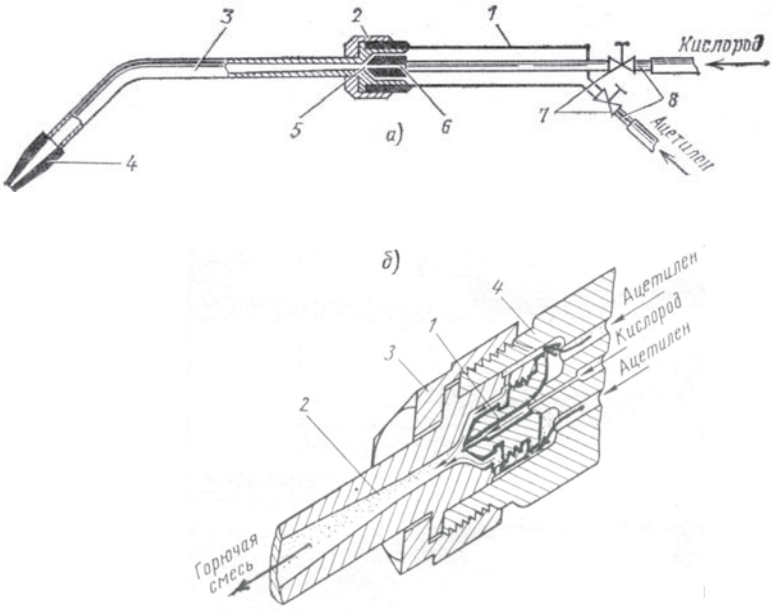


Рис. 6. Схема газосварочной горелки:

а-общий вид;
б-инжекторная часть: 1-инжектор; 2-смесительная камера;
3-гайка; 4-корпус гарелки

состав и форма которого регулируется вентилями. Горелки снабжаются сменными наконечниками, позволяющими получать пламя различной мощности, в зависимости от толщины свариваемых элементов.

7. Газовая резка металлов

Газовой резкой называется разделение металла путем сжигания его в струе сжатого кислорода. Для этого в месте разреза металл нагревают до температуры воспламенения в кислороде и направляют на эту точку струю кислорода под давлением; металл сгорает в этой струе, а образующиеся окислы выдуваются. Газовой резке поддаются только те металлы, у которых температура плавления выше температуры воспламенения в кислороде, и у которых окислы плавятся при более низкой температуре, чем металл. По этой причине газовой резке поддаются углеродистые стали и неподдаются: легированные стали, чугуны, цветные сплавы.

7.1. Резак для кислородной резки

Газовая резка осуществляется с помощью резаков, подающих газовую смесь для подогрева металла и кислород для его сжигания и продувки продуктов горения по линии разреза. Наиболее распространены резаки с концентрическим расположением каналов мундштука. У этих резаков по центральному каналу подается режущая струя кислорода, а горючая смесь для подогрева металла подается по кольцевому концентрически расположенному каналу.

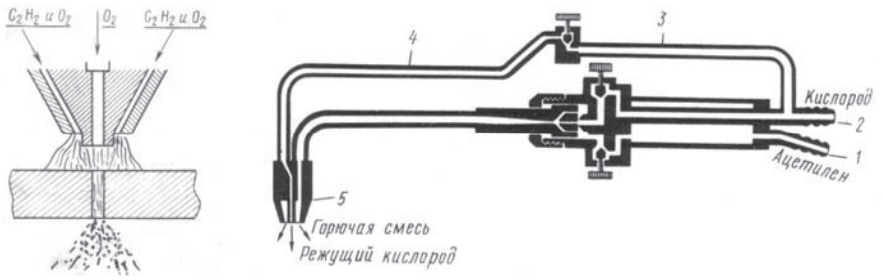


Рис. 7. Схемы резки и резака

Резаки (рис.7) по внешнему виду отличаются от инжекторных горелок дополнительной трубкой с вентилем и мундштуком. Часть кислорода подается по внутренней трубке в инжектор и служит для образования горю-

чей смеси и подогревательного пламени. Другая часть - режущий кислород - подается по наружной трубке в центральный канал мундштука.

Форма отчета

Лабораторная работа 5

Тема...

Содержание отчета.

1. Схема ацетиленового генератора
2. Схема кислородного редуктора
3. Схема сварочной горелки
4. Схема резака

Работу выполнил	
Работу принял	

Лабораторная работа 6

Источники сварочного тока

Цель работы. Изучение источников тока для РДС и методики снятия вольт - амперных характеристик

Задание.
1. Ознакомиться с видами источников сварочного тока и предъявляемыми к ним требованиями.
2. Изучить устройство и принцип действия сварочного трансформатора и генератора.
3. Изучить методику получения вольт-амперных характеристик.
4. Построить внешнюю и статическую характеристики по опытным данным.
5. Составить отчет.

1. Источники питания сварочной дуги

1.1. Общие сведения

При дуговой сварке используют постоянный, переменный ток (промышленной и повышенный частоты) и пульсирующий ток.

Электрическую энергию для питания дуги, работающей в определенных технологических условиях, получают от специального источника. В зависимости от рода тока (постоянный или переменный), а также конструктивного исполнения источники питания подразделяют на трансформаторы, выпрямители, преобразователи (сварочный генератор с электродвигателем) и передвижные агрегаты, а также специализированные установки для сварки на постоянном или переменном токе.

Условное буквенно-цифровое обозначение электросварочного оборудования:

ВД-101; ТД-304; ПСО-500; АСД-300; УДГ-501-1УХЛ4; ВДУ-1201 УЗ.

Первая буква - тип изделия:

А- агрегат, В- выпрямитель, Г- генератор, П- преобразователь,

Т-трансформатор, У - установка.

Вторая буква - вид сварки: Д - дуговая; П - плазменная.

Третья буква - способ сварки: Г - в защитных газах;

Ф - под флюсом; У - универсальный источник.

Отсутствие буквы - ручная сварка покрытыми электродами.

Четвертая буква - пояснение о назначении источника (М - многопостовый, И - импульсной сварки).

В трех - или четырехзначной группе цифр соответственно одна или две первые означают номинальный сварочный ток в сотнях ампер. Последующие две цифры - регистрационный номер изделия.

Следующие буквы - климатическое исполнение:

У - для сварки в умеренном климате;

Т - в тропическом, ХЛ - в холодном климате.

Последняя цифра определяет категорию размещения источника: 1 - на открытой площадке; 2 - прицепы, кузова автомобилей; 3 - помещения с естественной вентиляцией; 4 - с отоплением и принудительной вентиляцией; 5 - с повышенной влажностью.

Возможны и другие обозначения предприятий - изготовителей.

1.2. Требования к источникам питания дуги

Сварочная дуга представляет собой устойчивый электрический разряд между электродами в среде ионизированных газов и паров металла и компонентов электродных покрытий или флюсов. ′

Зависимость напряжения дуги от силы сварочного тока называют статической, или вольт-амперной характеристикой дуги. Общий вид этой характеристики представлен на рис. 1. При малых значениях силы тока участок кривой 1 - падающий. В диапазоне средних токов (от 50 - 100 А), используемых при ручной сварке, напряжение почти постоянно и участок кривой *1* жесткий. При этом напряжение зависит от длины дуги. Большие токи в дуге (примерно от 1000 А) можно получить при повышенном напряжении - на возрастающей ветви статической характеристики, что характерно для сварки в среде защитных газов или сварки на больших плотностях тока под флюсом.

Свойства источника определяются его *внешней характеристикой* - зависимостью напряжения на выходе источника от силы тока в сварочной цепи. Такая зависимость может быть возрастающей, жесткой или падающей.

Устойчивость горения дуги определяется соответствием характеристик источника и дуги. Для ручной дуговой сварки (РДС), когда статичес-

кая характеристика дуги жесткая, внешняя характеристика источника должна быть крутопадающей (рис. 1. кривая 2). С ростом ее крутизны меньше колебания тока при изменении длины дуги. Кроме того, в этих условиях ограничивается ток короткого замыкания $\boldsymbol{I}_{к.з.}$, который может превышать рабочий ток не более чем в 1,25 - 2 раза.

При таких характеристиках (кривая *2*) напряжение холостого хода источника $\boldsymbol{U}_{xx}$ превышает рабочее напряжение не менее чем в два раза. Это облегчает зажигание дуги. Напряжение Uxx по условиям безопасности ограничено 80 В для источников переменного и 90 В для источников постоянного тока.

Зажигание дуги происходит в точке А, а устойчивое горение - в точке В. Если по какой - либо причине ток дуги увеличится от $\boldsymbol{I}_р$ до $\boldsymbol{I}_1$ (точка *С*), то напряжение источника упадет ниже установившегося напряжения дуги $\boldsymbol{U}_р$, тогда ток дуги будет уменьшаться до $\boldsymbol{I}_р$. Аналогично восстановится режим горения дуги и при случайном уменьшении тока.

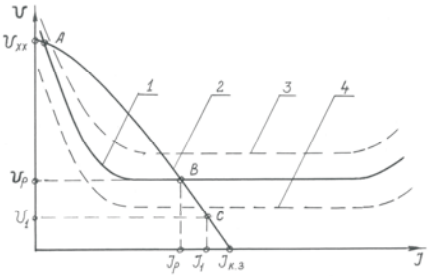


Рис. 1. Вольт-амперные характеристики:
1 -дуги; 2-источника тока

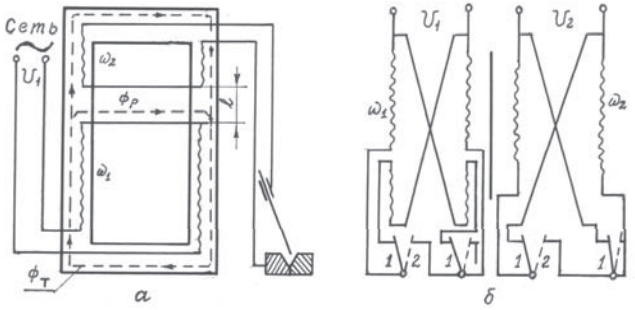


Рис. 2. Схемы трансформатора типа ТД-500:
а - электромагнитная; б - электрическая

Устойчивое горение дуги, благоприятный перенос электродного металла и хорошее формирование сварного шва обеспечиваются также динамичностью источника, т.е. оптимальной скоростью нарастания сварочного тока (10 - 20 А/с) при коротком замыкании и временем восстановления рабочего напряжения от 0 до 30 В (достаточного для повторного зажигания дуги после короткого замыкания). Оно не должно превышать 0,05 с (для генераторов 0,03с).

Источники питания дуги характеризуются параметрами, получаемыми при работе на установившихся режимах: при холостом ходе, рабочей нагрузке и коротком замыкании. Вместе с тем, каждый источник рассчитан на определенную, достаточно высокую нагрузку, при которой он работает не перегреваясь. Значения тока и напряжения источника, соответствующие указанному режиму его работы называют *номинальными.*

В целом источник тока для РДС должен отвечать следующим основным требованиям.

1. Иметь необходимую мощность, а также номинальный ток.
2. Обеспечивать напряжение холостого хода, достаточное для легкого возбуждения сварочной дуги и безопасное для сварщика.
3. Иметь крутопадающую внешнюю характеристику.
4. Обладать высокой динамичностью.
5. Иметь регулирующие устройства для плавной настройки на расчетный ток.
6. Быть надежным и простым в эксплуатации, иметь небольшие габариты, вес и стоимость.

1.3. Источники питания переменного тока

Для сварки переменным током служат передвижные и переносные понижающие трансформаторы различной мощности, а также генераторы повышенной частоты (450 Гц). Широко распространены, в частности, трансформаторы (типа ТД) с подвижными обмотками с повышенным магнитным рассеянием.

Трансформатор типа ТД-500 (рис.2.) - однопостовой, передвижной, однофазный. Состоит из магнитопровода (сердечника), набранного из листовой трансформаторный стали и изолированных алюминиевых обмоток,

по две катушки в каждой (рис.2а). Первичная неподвижная обмотка с числом витков ω_1 питается от сети $\boldsymbol{U}_1$ и расположена внизу. Верхняя - вторичная обмотка (ω_2) подвижная. Она перемещается вверх - вниз вручную с помощью винтовой пары.

Вторичное напряжение $\boldsymbol{U}_2$ зависит от первичного $\boldsymbol{U}_1$ и соотношения числа витков обмоток

$$\frac{\mathbf{U}_1}{\mathbf{U}_2} = \frac{\boldsymbol{\omega}_1}{\boldsymbol{\omega}_2}$$

При включенном аппарате переменный ток, текущий по первичной обмотке, создает вокруг нее и в сердечнике переменное магнитное поле, пересекающее витки вторичной обмотки, возбуждая в ней переменную ЭДС (E_2).

Напряжение на зажимах вторичной обмотки

$$\mathbf{U}_2 = \mathbf{E}_2 - \mathbf{E}_{\text{фр}}$$

Здесь Еф.р. - ЭДС. потока рассеяния, которая может быть принята равной произведению тока $\boldsymbol{I}_2$ на индуктивное сопротивление вторичной цепи X_2.

Тогда $$\mathbf{U}_2 = \mathbf{E}_2 - \mathbf{I}_2 \cdot \mathbf{X}_2$$

При холостом ходе ($\boldsymbol{I}_2$=0) напряжение $\boldsymbol{U}_2$ будет максимальным.

$$\mathbf{U}_2 = \mathbf{U}_{\text{XX}} = \mathbf{E}_2$$

При замкнутой вторичной цепи ($\boldsymbol{I}_2 \neq 0$ - горит дуга) с ростом сварочного тока увеличивается поток расстояния Фр и его ЭДС.

Следовательно, напряжение на дуге $\boldsymbol{U}_Д = \boldsymbol{U}_2$ будет снижаться и тем самым обеспечивается "падение" внешней характеристики трансформатора.

При перемещении обмоток изменяется магнитное поле рассеяния. При увеличении расстояния $\boldsymbol{l}$ увеличивается индуктивное сопротивление трансформатора, что приводит к уменьшению вторичного напряжения и сварочного тока. При сближении катушек ток увеличивается. Таким образом обеспечивается плавное

регулирование тока. Для ступенчатого регулирования переключают катушки: в диапазоне больших токов первичная и вторичная обмотки включаются попарно параллельно (положение *1* на рис. 2, б), в диапазоне малых токов - последовательно (положение 2). При переключении на малые токи часть витков первичной обмотки отключается и напряжение холостого хода повышается до 75 В против 65 В на больших токах.

1.4. Однопостовые коллекторные генераторы

Генератор это машина, превращающая механическую энергию в электрическую энергию постоянного (или переменного) тока.

Принцип действия генератора основан на явлении электромагнитной индукции: при вращении проводника - рамки в постоянном магнитном поле в проводнике возникает переменная ЭДС. Если концы проводника присоединить к различным кольцам, то с них через щетки будет сниматься переменный ток. Если же начало и конец рамки присоединить к различным коллекторным пластинам и щетки расположить так, чтобы одна была соединена всегда с проводником, движущемся у северного полюса, а другая - с проводником, проходящим в это время у южного полюса, то во внешней цепи будет получен постоянный ток.

В настоящее время для сварки широко используются генераторы постоянного тока с самовозбуждением (рис. 3), применяются и машины с независимым возбуждением, нуждающиеся в постороннем источнике тока.

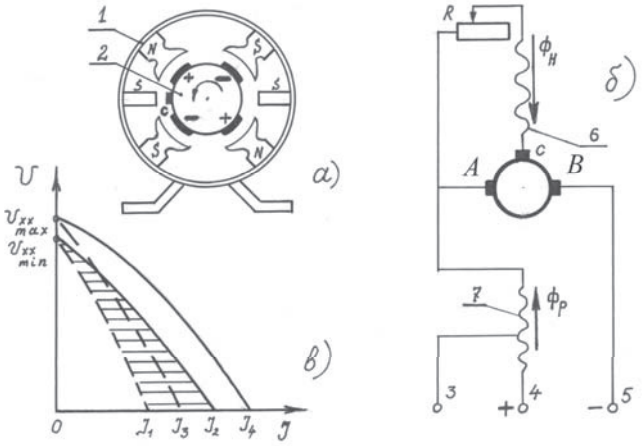


Рис. 3. Схемы генератора (а, б) и его внешние характеристики (в).

Из схемы (рис. 3, а) видно, что генератор имеет статор 1 и ротор 2, выполненные из пластин электротехнической стали. На статоре укреплены полюсы **N** и **S** с обмотками, создающие постоянное магнитное поле. В продольные пазы ротора уложены изолированные витки обмотки, припаянные концами к соответствующим пластинкам коллектора, к которым поджаты медно-графитовые щетки.

На схеме (рис. 3, б) показаны щетки: основные А и В и вспомогательная С. Основные щетки питают внешнюю цепь, снабженную сварочными клеммами 3, 4, 5; к щеткам А и С присоединены концы намагничивающей цепи с обмоткой 6 и сопротивлением.

При вращении якоря в его обмотке сначала возникает ЭДС за счет остаточного магнетизма главных полюсов и через щетки А и С в обмотку возбуждения 6 начинает поступать ток, образуя магнитный поток Фн, который дополнительно возбуждает ЭДС в обмотке якоря. Через щетки А и В на выходных зажимах генератора создается напряжение

$$\mathbf{E_2 = C\Phi_Г},$$

где С - постоянная генератора;

$\Phi_г$ - суммарный магнитный поток в генераторе.

При холостом ходе $E_2 = C \cdot \Phi_н = U_0$.

При нагрузке напряжение на зажимах генератора составит

$$U_2 = E_2 - I_г \cdot R_г,$$

где $I_г$ -ток в якорной цепи генератора;

$R_г$ - суммарное сопротивление в цепи генератора.

С помощью сопротивления R плавно изменяют ток намагничивания ($\boldsymbol{I}_н$ = 2-20 А), намагничивающий поток $\Phi_н$, напряжение холостого хода и режим работы генератора под нагрузкой.

При этом $\Phi_н = \boldsymbol{I}_н \cdot \omega_н / R_{м.н.}$,

где $\omega_н$ - число витков (200 - 500) намагничивающей обмотки;

$R_{м.н.}$ - сопротивление магнитной цепи на пути потока Фн.

При работе генератора под нагрузкой по обмотке 7, включенной последовательно с дугой, протекает ток $\boldsymbol{I}_2 = \boldsymbol{I}_д$ и возникает размагничивающий

поток Фр. В таком случае ЭДС генератора определится из уравнения

$$E_2 = C\Phi_н - C\Phi_р$$

С увеличением тока дуги ***I***д напряжение на зажимах генератора будет уменьшаться (чем достигается крутопадающая форма внешней характеристики источника) и при коротком замыкании приближаться к нулю.

Последовательная обмотка 7 ($\omega_р$= 3-5) секционирована, что позволяет регулировать ток ***I***д ступенчато (рис. 3б,3в). Для работы в диапазоне малых токов сварочный кабель присоединяют к зажиму 4, а в диапазоне больших токов - к зажиму 3.

7.5. Преимущества и недостатки источников питания дуги

Генераторы постоянного тока имеют следующие преимущества по сравнению с источниками переменного тока:

- дуга горит более устойчиво из-за отсутствия затуханий;
- ввиду высокой стабильности дуги обеспечивается высокое качество шва (отсутствие включений, непроваров и т.д.);
- при сварке постоянным током можно применять электроды всех марок (для переменного тока некоторые непригодны);
- источники питания постоянным током менее чувствительны к колебаниям напряжения в сети, чем трансформаторы;
- сварочные генераторы могут использоваться при отсутствии электроэнергии.

Сварочные генераторы постоянного тока имеют следующие недостатки:

- они более сложны в изготовлении и дороже трансформаторов;
- генераторы имеют вращающиеся части, требующие постоянного наблюдения и обслуживания;
- токосъемники генераторов требуют периодического ремонта и замены;
- расход энергии, к. п. д. и другие технико-экономические показатели генераторов хуже, чем у трансформаторов.

2. Методика построения вольт-амперных характеристик

2.1. Получение опытных данных

Для построения внешней характеристики источника нужно предварительно установить сварочный ток - на уровне среднего или выше среднего значения в его возможном диапазоне.

Затем получить напряжение холостого хода **U**xx**,** включив источник в сеть. Получить ток короткого замыкания, прикоснувшись электродом (желательно медным) к пластине, закрепленной на сварочном столе.

Для получения промежуточных точек выполняют наварку валика на стальную пластину при длине дуги около 3 мм и снимают показания амперметра и вольтметра. Затем наварку ведут на средней дуге (4 мм) и на длинной дуге (5 мм). Показания приборов замечают при установившемся режиме работы.

Для построения статической характеристики дуги наварку валиков ведут в серии опытов при постоянной длине дуги и разных значениях тока: сначала на малом, затем на среднем и на большом токе.

Записать опытные данные в таблицу.

Таблица. Опытные данные для построения характеристик

Режим работы источника	Опыт	Опытные данные	
		Напряжение, В	Сила тока. А
Холостой ход	1		
Короткое замыкание	2		
Сварка при $l_д \neq Const$	3 4 5		
Сварка при $l_д = Const$	6 7 8		

2.2. Построение характеристик

Подготовить поле графика с координатными осями ***U-I.*** Зная крайние значения параметров, выбрать масштаб шкал и нанести точки, полученные в

серии опытов при $l_д \neq$ Const - для внешней характеристики источника, а затем для $l_д$ = Const - получится жесткий участок статической характеристики дуги. Падающий и возрастающий участки можно отметить ориентировочно пунктиром, зная общий характер данной кривой.

Форма отчета

Лабораторная работа 6

Тема. Источники сварочного тока

1. Краткие сведения о источниках тока для РДС
2. Электромагнитная схема трансформатора
3. Электрическая схема генератора
4. Таблица опытных данных
5. Вольт-амперные характеристики

Работу выполнил	
Работу принял	

Лабораторная работа 7

Определение технологических коэффициентов электродов

Цель работы. Ознакомление с влиянием основных факторов на процесс сварки и экспериментальное определение технологических коэффициентов

Задание.
1. Изучить теоретические сведения по теме лабораторной работы.
2. Определить оптимальные значения диаметра электрода и сварочного тока для заданных условий сварки.
3. Определить необходимые показатели и вычислить значения технологических коэффициентов для данного электрода.
4. Составить отчет.

1. Общие сведения

На качество сварного шва и экономичность сварки влияет много факторов: режим технологического процесса, характеристики электрода и свариваемого металла, квалификация сварщика и др.

Основными параметрами дуговой сварки как процесса являются сила тока дуги **J**д, напряжение **U**д и скорость сварки **V**СВ.

Сила тока при постоянном диаметре электрода определяет все размеры сварочной ванны и особенно проплавление. С увеличением напряжения дуги, также как и с ростом тока возрастают размеры ванны, но особенно интенсивно - ширина и длина. Завышенная скорость VСВ приводит на практике к непровару, а заниженная - к прожогу.

Для заданных условий сварки важно правильно выбрать диаметр электрода. При увеличении диаметра электрода плотность энергии в пятне нагрева снижается, поэтому уменьшается глубина проплавления, но возрастает ширина ванны.

Диаметр электрода выбирают в зависимости от толщины

свариваемого металла, типа сварного соединения, положения шва в пространстве, состава свариваемого металла.

Ориентировочно диаметр электрода

$$d_э = 0{,}5S + 1,$$

где S -толщина свариваемого металла, мм.

При сварке встык стали толщиной до 4 мм принимают $d_э \approx S$, при сварке металла от 4 мм и больше применяют электроды диаметром 4 - 8 мм при условии обеспечения полного провара металла.

Скорость плавления электрода жестко связана со сварочным током. При сварке различных соединений и швов требуется неодинаковая скорость плавления. Так, при сварке стыковых соединений без разделки кромок и без зазора требуется низкая скорость плавления электрода. С увеличением толщины S необходимо увеличение силы тока. При этом образуются швы с завышенной выпуклостью. При выполнении стыковых соединений с разделкой кромок, а также при сварке угловых швов желательно увеличивать скорость плавления электрода или массу электродного металла, расплавляющегося в единицу времени.

Для характеристики процесса сварки (наплавки) и технологических свойств электродов используют следующие коэффициенты:

расплавления $$\alpha_р = \frac{M_р}{J \cdot t}, \text{ г/(А} \cdot \text{ч)}$$

наплавки $$\alpha_н = \frac{M_н}{J \cdot t}, \text{ г/(А} \cdot \text{ч)}$$

потерь $$\psi = \frac{M_р - M_н}{M_р} \cdot 100, \%$$

где $M_р$, $M_н$ - масса расплавленного и наплавленного металла, г;

J - сварочный ток, А;

t- время, ч.

Коэффициент расплавления характеризует интенсивность плавления электродного металла, коэффициент наплавки - массу металла, переносимого с электрода на изделие за час при силе тока в 1 А.

Коэффициент потерь оценивает окисление (угар), испарение и разбрызгивание электродного металла. Для разных электродов потери составляют 6 - 25 %.

Таким образом, $\alpha_р$, $\alpha_н$ и ψ в основном характеризуют свойства электродов, но они зависят и от условий сварки: для небольших плотностей тока $\alpha_р$ и $\alpha_н$ не превышают 7 - 10 г / (А · ч), с увеличением плотности тока эти показатели возрастают до 17 и более единиц, с увеличением сварочного тока и длины дуги возрастают потери на разбрызгивание и т.д.

2. Порядок выполнения работы

1. Измерить толщину пластины.
2. Определить диаметр электрода.
3. Определить силу сварочного тока по формуле

$$J = K_s (20 + 6 \cdot d_э) \cdot d_э, \text{ А}$$

где K_s - поправочный коэффициент,

$$K_s = 0{,}9 \text{ при } S < 1{,}5 \cdot d_э,$$

$$K_s = 1{,}1 \text{ при } S > 3 \cdot d_э.$$

4. Измерить длину электрода L.
5. Рассчитать массу стержня электрода

$$M_{ст} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot L \cdot \gamma, \text{ г}$$

где γ - плотность стали, $\gamma = 7{,}8$ г/см^3.

6. Очистить пластину от загрязнений.
7. Взвесить пластину с точностью до 1 г.
8. Установить оптимальный режим сварки и наварить валик на пластину.

   Наварка ведется непрерывно и при этом определяется время опыта, а также сила тока. Электрод расходуется "полностью".
9. После наплавки охладить пластину, высушить и очистить её от шлака и брызг.
10. Взвесить наплавленную пластину.
11. Измерить длину огарка и рассчитать массу нерасплавившегося электрода.

Таблица. Данные для расчета коэффициентов

Опыт	Диаметр электрода $d_э$, мм	Сила тока I, А	Время горения дуги t, с	Длина электрода, мм		Масса стержня электрода, г		Масса расплавленного металла, г	Масса пластины, г		Масса наплавленного металла, г
				до	после	до	после		до	после	
				сварки		сварки			сварки		
1											
2											
3											

12. Результаты опытов и расчетов занести в таблицу и вычислить значения технологических коэффициентов.
13. Оценить потери электродного металла (режим сварки).

Форма отчета

Лабораторная работа 7

Тема.

Задание.

1. Условия выполнения опытов: толщина наплавляемой пластины, источник тока, марка электрода.
2. Расчет диаметра электрода и сварочного тока.
3. Расчет массы стержня электрода и массы расплавленного металла.
5. Таблица результатов опытов.
6. Расчет коэффициентов.
7. Выводы.

Работу выполнил	
Работу принял	

Лабораторная работа 8

Тема. Проектирование технологического процесса ручной электродуговой сварки

Цель работы. Ознакомление с методикой разработки технологического процесса ручной электродуговой сварки элементов конструкции.

Задание. Для заданного варианта.

1. Выбрать форму кромок свариваемых элементов, их размеры и размеры шва.
2. Определить диаметр, тип и марку электрода, а также параметры режима сварки.
3. Выбрать источник сварочного тока.
4. Рассчитать массу наплавленного металла и потребного количества электродов.
5. Рассчитать норму времени и скорость сварки.
6. Составить технологическую карту.

Задания

Вариант	Материал	Толщина элементов в, мм	Тип сварного соединении	Нагрузка кН
1	Ст3сп	3	Стыковое	50
2	25	5	То же	75
3	В Ст3пс	8	- “ -	120
4	35	10	- “ -	150
5	В Ст4кп	12	Угловое	200
6	30	15	- “ -	300
7	В Ст5пс	18	Стыковое	360
8	40	20	Угловое	400
9	Ст5сп	25	- “ -	500
10	Ст4кп	30	- “ -	600
11	45	32	Стыковое	650
12	50	35	- “ -	700
13	В Ст6сп	40	- “ -	800
14	60	45	- “ -	900
15	70	50	- “ -	1000

1. Обоснование геометрической формы свариваемых кромок, их размеров и размеров шва

1.1. Типы соединений и швов

Сварным называют полученное сваркой неразъемное соединение, состоящее из шва и примыкающих к нему участков основного металла.
В зависимости от расположения в пространстве сварных элементов конструкции различают следующие типы соединений:
стыковое - элементы расположены в одной плоскости, угловое - эл. расположены под прямым углом, нахлесточное - элементы расположены параллельно с частичным перекрытием, тавровое - один элемент торцом примыкает к боковой поверхности другого, торцовое - сваренное по торцам элементов.

Типы швов - стыковые, угловые, пробочные, прорезные в зависимости от формы поперечного сечения. По ширине: узкий (от 0,8 до 1, 5 • $d_э$) и уширенный (от 2 до 4 $d_э$).

Кроме того, выделяют сплошные и прерывистые швы; одно - и двухсторонние; прочные, плотные и прочно - плотные и т.д.

1.2. Форма и размеры кромок и шва

Для всех швов важен полный провар кромок соединяемых элементов. Поэтому перед сваркой элементов большой толщины необходимо разделывать кромки. Форму разделки кромок и их сборку для сварки (рис. 1) характеризуют следующие геометрические параметры: зазор **b** , притупление **c,** угол скоса кромки β и угол разделки кромок α. Поперечное сечение стыкового шва характеризуют: ширина **e**, высота **H** и усиление (выпуклость) **q**. Для углового шва: ширина **e**; катет **K** - расстояние от поверхности элемента до границы шва на поверхности второго элемента; **H** - наибольшее расстояние от поверхности шва до точки максимального проплавления основного металла; усиление **q**. Основные из перечисленных показателей определяет ГОСТ 5264 - 80.

В таблице 1 приведены возможные способы подготовки формы кромок (разделки) свариваемых элементов в зависимости от их толщины.

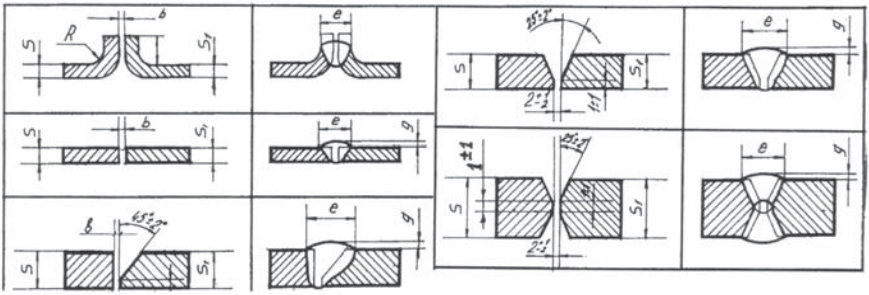


Рис. 1. Геометрические параметры кромок и швов

Для определенной толщины S металл иногда можно разделать несколькими способами. Например, выполнить Х - образную разделку, при которой сварку с другой стороны можно вести или потолочным швом, или повернув изделие на 180°. Если то и другие невозможно, то выполняют V - образную разделку и при этом потребуется наплавить металла в 1,6 -1,7 раза больше.

Если нужно получить плотный шов предусматривается скос кромки при S > 3 мм, хотя ГОСТ допускает в общем случае сварку без скоса при S до 12 мм.

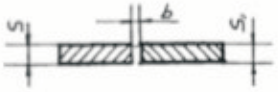
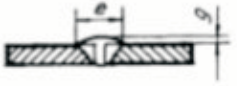
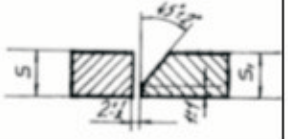
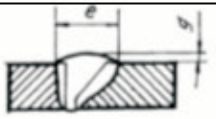
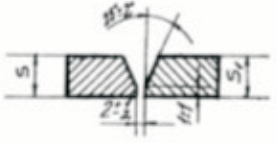
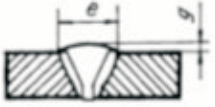
Таблица 1. Рекомендуемые способы разделки кромок (в учебных целях).

Толщина элементов, мм	Способ разделки кромок	Условное название разделки
1 -3	Отбортовка	-
до 5	Без скоса	-
5-10	Скос одной кромки	-
14-30	Скос двух кромок	V - образная
20-60	Скос двух кромок с двух сторон	Х - образная

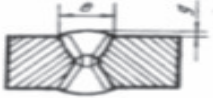
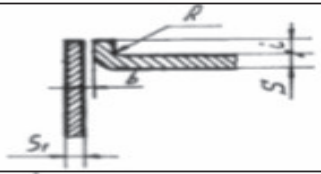
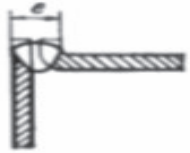
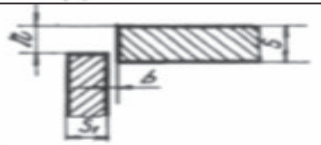
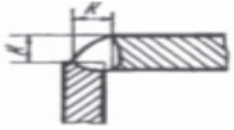
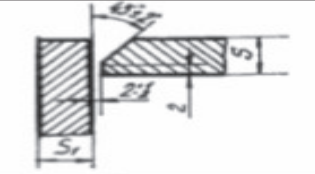
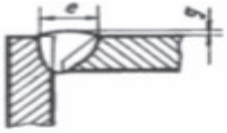
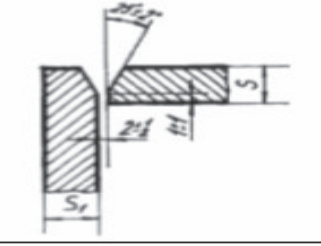
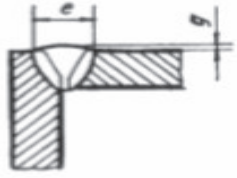
Указание 1.

Для стали заданной толщины выбрать способ разделки кромок по табл. 1, а из табл. 2 выбрать соответствующие размеры параметров (П), выполнить схемы подготовленных кромок и сварного шва и обозначить «рис. 1 и рис. 2».

Таблица 2. Форма и размеры кромок и швов

Условное обозначение соединения	Схема подготовленных кромок	Схема сварного шва	Размеры (П), мм			Формула для расчета площади $F_{нм}$
			П	от	до	
1	2	3	4	5	6	7
С1			S	1	4	$b \cdot i + 0{,}75e \cdot q$
			b	$0^{+0,5}$	0^{+1}	
			e		2S+3	
			R	S	2S	
			i	S	3S	
С2			S	1	4	$S \cdot b + 0{,}75e \cdot q$
			b	$0^{+0,5}$	$2^{+1}_{-0,5}$	
			e	6	8	
			q	1±0,5	2±1	
С8			S	5	11	$S \cdot b + 0{,}5(S-c)^2 \times \times tg\alpha + 0{,}75e \cdot q$
			e	12±2	16±2	
			q	$0{,}5_{-0,5}$	$0{,}5^{+1,5}$	
С17			S	14	32	$S \cdot b + (S-c)^2 \times \times tg\alpha + 0{,}75e \cdot q$
			e	22±3	38±3	
			q	$0{,}5_{-0,5}$	$0{,}5^{+2}$	

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
С25			S	20	60	$S \cdot b + 0{,}5(S-c)^2 \times \times tg\alpha + 1{,}5e \cdot q$
			e	18±3	36±3	
			q	$0{,}5_{-0,5}$	$0{,}5^{+2}$	
У1			S	1	4	$b \cdot i + 0{,}75e \cdot q$
			b	$0^{+0,5}$	0^{+1}	
			e		2S+3	
			R	S	2S	
			i	S	3S	
У4			S	3	10	$0{,}5K^2 + 1{,}05K \cdot q$
			n	0,5S	S	
			b	0	2	
У6			S	8	14	$S \cdot b + 0{,}5(S-c)^2 \times \times tg\alpha + 0{,}75e \cdot q$
			e	16±2	20±2	
			q	$0{,}5_{-0,5}$	$0{,}5^{+1,5}$	
У9			S	14	40	$S \cdot b + (S-c)^2 \times \times tg\alpha + 0{,}75e \cdot q$
			e	22±3	47±3	
			q	$0{,}5_{-0,5}$	$0{,}5^{+2}$	

В целях снижения металлоемкости и усадки шва, а также повышения производительности необходимо стремиться получить меньшую площадь поперечного сечения наплавляемого металла $F_{н.м.}$ Следует учитывать и трудоемкость разделки кромок.

2. Обоснование режима сварки и выбор оборудования

2.1. Выбор диаметра, типа и марки электродов

О выборе диаметра электрода см. работу 7.

Расчетный диаметр можно определить по формуле

$$d_Э = 0{,}5 \cdot S + 1$$

Затем выбрать стандартное значение из табл. 3. При этом учесть, что $d_Э \le 8$ мм.

Таблица 3 Номинальные размеры электродов, мм

Диаметр (стержня)	1.6	2,0	2,5	3,0	4.0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0
Длина	200-250	250	250-300	300-350	350-450	450				

Тип электрода выбирают **по табл.6** из условия прочности

$$\sigma_{в\ мш} \ge \sigma_в,$$

где $\sigma_{в\ м.ш.}$ - сопротивление разрыву металла шва;

$\sigma_в$ - то же свариваемого металла (см. табл.4).

Таблица 4. Прочность углеродистых сталей

Марка стали	Предел прочности $\sigma_в$, МПа	Марка стали	$\sigma_в$, МПа
Ст 2сп	340-440	15	380
Ст 3пс	380-490	20	420
Ст 3сп	380-490	25	450
Ст 4кп	410-520	30	490
Ст 4 сп	420 - 540	35	530
Ст 5 пс		40	570
Ст 5сп	500 - 640	45	600
Ст 6 сп	от 600	50	630
08	330	60	680
10	340	70	730

При сварке ответственных конструкций из спокойных сталей с повышенной пластичностью и ударной вязкостью металла шва принимать тип электрода Э42 А - Э 50 А, а если сталь кипящая -Э 42 или Э 50.

Марку электрода выбирают с учетом химического состава основного металла, рода и полярности сварочного тока, положения шва в пространстве, конструктивных особенностей изделия и других факторов.

Согласовать род тока и марку электрода, принимая во внимание данные табл.5.

По табл. 6 выбрать марку электрода, соответствующую его типу, выписать вид и полярность тока и значение коэффициента наплавки.

2.2. Расчет силы сварочного тока и напряжения

Силу тока можно найти по формулам:

$J = (40 - 50)\, d_э$ при $d_э = 4 - 6$ мм;

$J = (20 + 6d_э) \cdot d_э$ при $d_э < 4$ и $d_э > 6$ мм**,**

где J - сварочный ток, А

$d_э$ - диаметр электрода, мм.

Таблица 5. Особенности применения постоянного и переменного ток при РДС

Показатель	Полярность пост. тока		Переменный ток
	прямая	обратная	
Относительная скорость плавления электрода, %	100	110-140	100-120
Магнитное дутье	сильное	сильное	отсутствует
Покрытие электродов: руднокислое, рутиловое, органич.	Применяется	При $S \le 4$ мм, сварке сверху вниз и др.	применяется
Фтористокальциевое	Не применяется	Сварка электродами УОНИ 13/45; УП - 2/45	Сварка электродами СМ-11 УП - 2/45

Таблица 6. Характеристика электродов для РДС сталей

Тип электрода	Предел прочности $\sigma_в$ м.ш., МПа	Марка электрода	Род тока и полярность	Коэффициент наплавки Кн, г/(А · ч)	Область применения
1	2	3	4	5	6
Э42	420	ОМА-2 ВСП-2 ВСЦ-4	Постоянный и переменн. Постоянный Обратная полярность	10 10.5 10	Сварка углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с $\sigma_в$ до 500 МПа
Э46	460	АНО-5 АНО-6 МР-3 ОЗС-4 ОЗС - 3 РБУ-5	Постоянный и переменн. То же То же То же То же То же	11 10 7,8 10.5 15 9	
Э50	500	ВСЦ-3 ВСН-3	Постоянный Обратная полярность	10-13 9	
Э 42 А	420	УОНИ-13/45 СМ-11 ОЗС-2 УП-2/45	Пост. обратн. полярность То же То же и перемени. То же	8,5 9.5 8.5 10.0	Сварка углеродист. и низколегир. сталей с повышенными требованиями по пластичности и ударной вязкости
Э46 А	460	УОНИ-13/55К ВН-48 03С-22Р	Пост. обратн. полярность То же Пост. и переменный	9.5 11 10	
Э50 А	500	УОНИ-13/55 АНО-11 ЦУ-5 ОЗС-25 ДСК-50	Пост.обратн полярность То же То же То же Перемен. и пост. обр. поляр.	9 9.5 9.5 9.5 10	

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6
Э 55	550	УОНИ – 13/55У	Обратная полярность и переменный	9.5	Сварка углеродистых и низколегир. сталей с пределом прочности от 500-600 МПа
Э 60	600	УОНИ – 13/65 ОЗС-24 ВСЦ - 60	Обратная полярность То же Пост.и переменный	10 9.5 10	
Э 70	700	ВФС – 75У ЛКЗ - 70	Обр. полярность То же	9 9,5	Сварка легир. и конструкционных сталей повышенной и высокой прочности с пределом прочности более 600 МПа
Э 85	850	УОНИ – 13/85 ВФС-85 УОНИ-13/85У	Обр.полярн. То же Пост. и переменнный	10 9,5 10	
Э 100	1000	НИАТ – 3М ЦЛ-19	Пост. обр. полярность	9.5 10	

Длина дуги при РДС зависит от марки электрода и устанавливается сварщиком в пределах 3-5 мм. Ориентировочно

$$\mathbf{L_д = 0{,}5(d_э + 2), мм}$$

Напряжение дуги

$$\mathbf{U_д = a + в \cdot L_д}$$

где а - падение напряжения в приэлектродных областях:
у катода до 25, у анода до 5 В;
в - падение напряжения в дуге, в=(1-5) В/мм.

Можно принять а = 20 В, в = 3 В/мм.

2.3. Выбор источника сварочного тока

Для ручной дуговой сварки используют стационарные или передвижные источники, сравнительная характеристика которых дана в работе 6. Ориентируясь на эти данные и учитывая уже полученные (род и сила тока) выбрать по табл. 6 источник и записать его марку.

В комплект сварочного оборудования кроме источника тока входят соединительные провода, инструмент и приспособления.

Таблица 7. Технические характеристики источников тока

Источник тока		Напряжение, В			Сварочный ток, А		Номинальная потребл. мощность кВ · А	Масса, кг
Марка	Вид	сети	номинальное	холостого хода	номинальный	пределы регулирования		
ТД-102	Трансформатор	220 380	26	80	160	60-175	11,4	37
ТД-304	Тоже		35	61-79	300	160-350	19,4	157
ТД-500	-«-		30	60-76	500	100-560	32	210
ВД-201	Выпрямитель		28	64-71	200	30-200	15	120
ВД-306	То же		32	61-70	315	45-315	24	174
ВД-502	-«-		40	80	500	50-500	42	355
ПД-305	Преобразователь		32	90	315	40-350	17,4	280
ПСО-500	То же		40	86	500	125-600	28	540
АСБ-300	Агрегат	—	32	52-80	300	100-315	29,4 кВт*	632

где * - привод от ГАЗ-320

3. Техническое нормирование

Технически обоснованные нормы времени позволяют сварщику рационально использовать время смены, полностью загружать оборудование.

В норму времени на выполнение сварочных работ входят: основное время сварки - время горения дуги (плавления электрода); подготовительно - заключительное время - на получение задания, настройку аппаратуры, сдачу работ;

вспомогательное время - на установку изделия, поворот его при сварке, зачистку швов; время на обслуживание рабочего места, на отдых и личные надобности.

Для расчета затрат и нормы времени предварительно нужно определить длину шва и массу наплавленного металла.

Длина шва $$\mathbf{L = \frac{P}{H \cdot R}}, \text{ м}$$

где P -заданная нагрузка, к Н;

H - расчетная высота шва, мм (см. рис.2);

R- допускаемое напряжение, МПа.

Значение R определяется исходя из $\sigma_{вмш}$ и коэффициента запаса $К_з = 3 - 4$.

$$\mathbf{R = \frac{\sigma_{вмш}}{К_з}}, \text{ МПа}$$

Для угловых швов определяют допускаемое напряжение на срез $R_c = 0{,}8 \cdot R$

Масса наплавленного металла в граммах

$$\mathbf{M_{н.м.} = F_{н.м.} \cdot L \cdot \gamma},$$

где $F_{н.м.}$ - площадь сечения шва, заполненная электродным металлом, мм^2;

L - длина шва, м;

γ - плотность металла. Для стали $\gamma = 7{,}85$ г/см^3

Площадь $F_{н.м.}$ меньше поперечного сечения шва F, частично заполненного расплавленным основным металлом. Значение $F_{н.м.}$ можно найти как сумму площадей элементарных геометрических фигур, вписанных в нее или по соответствующей формуле (см. рис. 2 и табл. 2).

С учетом потерь металла на огарки и разбрызгивание, а также массы покрытия определяют массу потребных электродов

$$М_э = К_р \cdot М_{н.м.},$$

где $К_р$ - коэффициент расхода массы электродов, примем $К_р$=1,4-1,6.

Основное время $$\mathbf{t_o = \frac{M_{н.м.}}{I \cdot K_{н.}}}, \text{ ч}$$

Здесь $\mathbf{M_{н.м.}}$, в **г**; **I** в **А**; $\mathbf{К_н}$ в **г/(А · ч)**.

Оперативное время

$$\mathbf{t_{оп} = t_o + t_в},$$

где $\mathbf{t_в}$ - вспомогательное время. Примем $\mathbf{t_в} = (0{,}5\text{-}0{,}8) \cdot \mathbf{t_o}$

Норма штучного времени

$$\mathbf{t_{шт} = t_{оп}\left(1 + \frac{a+b}{100}\right)},$$

где a - доля времени на обслуживание рабочего места;
b - то же на личные надобности и отдых.
Примем a = 4, b = 8.

Скорость сварки (перемещения дуги)

$$\mathbf{V = \frac{L \cdot n}{t_o}}, \text{ м/ч.}$$

Здесь n - число проходов (валиков шва)

$$\mathbf{n = \frac{F_{н.м.} - f_1}{f_i} + 1},$$

где f_1 - площадь поперечного сечения шва после первого прохода;
f_i - то же для последующих проходов.
Примем: $f_1 = 7d_э$; $f_i = 10d_э$, мм^2.

4.Составление технологический карты

Заполнить карту по приведенной форме, т.е. только для основной операции; подготовительные, вспомогательные, заключительные работы не раскрывать.

Таблица 8. Технологическая карта сварки

Схема сварного шва		Операционная карта ручной дуговой сварки													
		Материал			Сталь			Марка							
		Шов			Ток			Электроды							
Операция	Оборудование и приспособления	Длина, мм	Катет, мм	Положение	Полярность	Сила, А	Напряжение, В	Тип	Марка	Диаметр, мм	Расход, г	Число проходов., n	Скорость сварки, м/ч	Основное время, ч	
1. Сварка элементов конструкции															

Форма отчета

Лабораторная работа 8
Тема. Проектирование технологического процесса ручной дуговой сварки

Задание. Для варианта ..... разработать процесс РДС.

1. Схемы кромок и сварного шва (рис.1 и 2).
2. Технологические расчеты.
3. Расчет нормы штучного времени.
4. Технологическая карта.

Работу выполнил	
Работу принял	

Лабораторная работа 9

Контактная точечная сварка

Цель работы. Изучение процесса, оборудования и технологии контактной точечной сварки.

Задание.
1. Изучить сущность процесса электрической контактной точечной сварки.
2. Ознакомиться с устройством и работой сварочной машины МТ-601.
3. Определить режим сварки низкоуглеродистой листовой стали.
4. Сварить имеющиеся заготовки.
5. Составить отчет.

1. Общие сведения о контактной сварке

Контактной называют сварку, осуществляемую нагревом или расплавлением металлов при прохождении электрического тока в месте контакта сдавливаемых изделий.

По виду сварного соединения различают сварку, выполняемую сжатием заготовок между стержневыми электродами (точечная контактная сварка) или между вращающимися роликами (шовная контактная сварка), а также выполняемую сжатием торцов изделий (круглого, квадратного, кольцевого сечения) - стыковая контактная сварка.

Контактная сварка (к.с.) изобретена инженером Н.Н. Бенардосом почти одновременно с дуговой. Она широко применяется в массовом производстве. Наиболее распространенная точечная сварка позволяет соединить как тончайшие детали электронных приборов, так и стальные листы толщиной до 20 мм. При этом получают до 600 точечных соединений (электрозаклепок) в минуту. Наряду с листовыми заготовками можно сварить лист со стержнем или профильной заготовкой, пересекающиеся стержни из сталей, цветных металлов и сплавов, из разнородных металлов.

2. Точечная контактная сварка

2.1. Сущность процесса и его параметры

При точечной контактной сварке выдерживается следующая последовательность операций:

- сжатие заготовок электродами машины;
- включение тока сварки;
- выключение тока в момент образования нужного объема расплавленного металла - ядра;
- выдержка сжатых заготовок для охлаждения места сварки.

При включении сварочного тока сначала разогреваются выступы (микронеровности) контакта между заготовками, а затем и металл прилегающей зоны. Так как электроды охлаждаются водой и имеют высокую теплопроводность, сопротивление между ними и заготовками значительно (примерно вдвое) меньше, чем сопротивление между заготовками. Здесь-то, в центральной зоне, и происходит интенсивный нагрев металла, где образуется и постепенно увеличивается чечевицеобразная жидкая ванна. Она окружена сильно нагретым слоем металла, который сваривается, образуя кольцевое уплотнение, препятствующее вытеканию металла в зазор между свариваемыми элементами.

После получения зоны расплавления необходимых размеров сварочный ток выключают. Металл охлаждается и в расплавленной зоне кристаллизуется, образуя литое ядро общее для обеих заготовок. Выдержка сжатых заготовок позволяет охлаждаться и упрочняться ядру (сварной точке) во избежание разрушения его упруго сжатыми свариваемыми элементами.

Размеры и структура ядра, определяющие прочность соединения, зависят от формы и размеров контактной поверхности электродов, значения сварочного тока, времени его протекания, усилия сжатия и состояния поверхностей заготовок. Перечисленные показатели являются параметрами сварки.

На практике различают "жесткие режимы" сварки, характеризующиеся большими токами и малой продолжительностью и "мягкие режимы" - совокупность параметров процесса с малыми токами и более продолжительным временем нагрева заготовок.

Последние применяют в мелкосерийном производстве, сварке относительно неответственных изделий.

Для соединения, полученного точечной сваркой характерны также шаг точки - расстояние между ними в ряду и ширина нахлестки - ширина взаимного перекрытия свариваемых заготовок.

3. Машины для точечной сварки

3.1. Общие сведения

Имеются стационарные, передвижные и подвесные контактные машины (универсальные и специализированные).

Мощность сварочных машин составляет от 0,5 до 500 кВ · А;
сила сварочного тока 1-200 кА;
напряжение вторичной цепи 1-15 В;
усилие сжатия 0,01 - 100 кН;
время сварки 0,01-10 с.

3.2. Машина МТ- 601

Машина для контактной точечной сварки МТ-601 предназначена для сварки изделий из низкоуглеродистых сталей при толщине элементов от 0,5 до 6 мм.

3.2.1. Устройство и работа машины МТ-601

Машина включает механическую, электрическую и пневматическую системы, систему охлаждения, а также устройства управления, размещенные в корпусе. Отдельные детали или узлы могут быть частями различных систем.

Техническая характеристика МТ-601

Первичное напряжение,	В	220 или 380
Вторичное напряжение холостого хода,	В	1,04-2,08
Число ступеней регулирования		8
Номинальный сварочный ток,	кА	6,3
Номинальная толщина свариваемых изделий,	мм	0,5 + 0,5
Максимальный темп работы при сварке,	сварок. в мин	150
Максимальное усилие сжатия электродов,	кН	12
Ход верхнего электрода,	мм	25
Расход охлаждающей воды,	л/ч	300

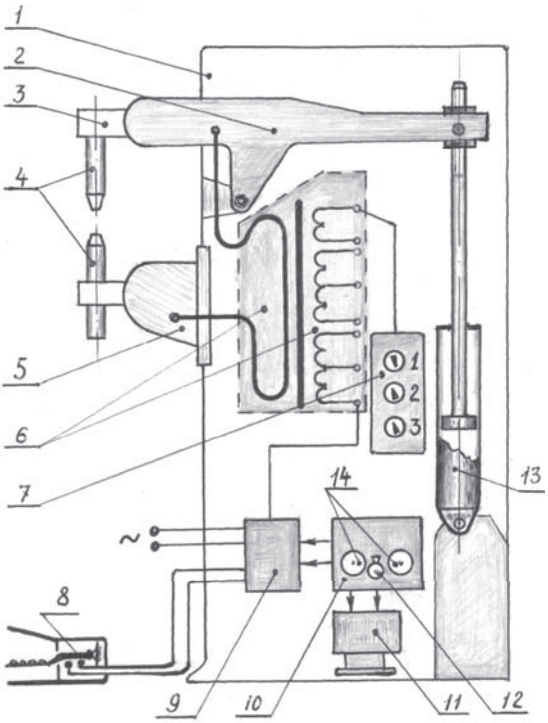


Рис. 1. Схема машины МТ - 601

На корпусе 1 (рис. 1) крепятся нижний 5 переставной и верхний 3 поворотный кронштейны с электродами 4, закрепленными в держателях. В корпусе машины размещены: сварочный трансформатор 6 с пакетным переключателем ступеней 7; пневматический цилиндр 13, шток которого соединен с рычагом 2 верхнего кронштейна; аппаратура управления (контактор 9 и регулятор цикла сварки 10); пневмоаппаратура (электропневматический клапан 11, редуктор, дроссели); система водяного охлаждения.

Пневматический цилиндр 13 при подаче воздуха в нижнюю камеру опускает верхний электрод 4 через шток и рычаг. При подаче воздуха в верхнюю камеру поршень опускается и возвращает рычаг 2 в исходное положение. Для регулирования хода штока на его верхнем конце установлены гайки.

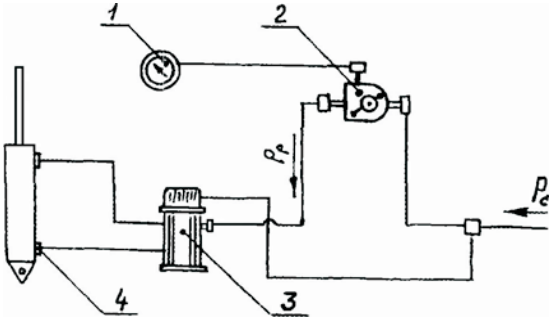


Рис. 2. Пневматическая схема МТ - 601:
1-манометр; 2-регулятор давления; 3-клапан электропневматический; 4-дроссель

Система питания пневмоцилиндра сжатым воздухом (Рис.2) состоит из электромагнитного пневматического клапана 3, регулятора давления 2, манометра 1 и двух дросселей 4, ввернутых в корпус пневмоцилиндра.

Воздух из сети (Рс) через регулятор 2 и клапан 3 поступает в камеры пневмоцилиндра. Дроссели 4 служат для смягчения ударов при сжатии электродами изделия и при возвращении верхнего электрода в начальное положение. Безударность достигается сужением выходных отверстий дросселирующих клапанов регулировочными винтами.

Электропневматический клапан типа КПЭМ состоит из корпуса 1 (Рис.3), имеющего четыре гнезда с седлами для тарельчатых клапанов 2, 3, 4 и 5, распорную пружину 7, два штока 6 и мембраны 9. Для впуска редуцированного воздуха ($P_р$) в корпус 1 предусмотрено окно 8 и для выпуска его - окна 10 и 11.

При обесточенном электромагните 14 шарик 13 под действием пружин через шток перекрывает доступ воздуха из сети (Рс) в диафрагменные камеры.

Давлением пружины 7 и сжатого воздуха $P_р$, подводимого от окна 8 клапан 4 открывается и перепускает воздух в окно 11 и надпоршневую камеру цилиндра.

При этом из-под поршня воздух через клапан 2 и щель 12 удаляется в атмосферу.

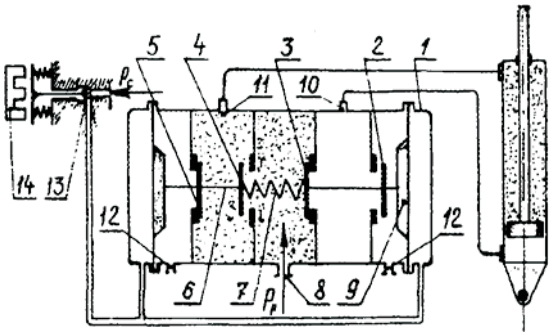


Рис. 3. Схема электропневматического клапана:
1-корпус; 2,3,4,5-клапаны; 6-шток; 7-пружина;
8-впускное окно; 9-мембрана; 10,11-выпускные окна;
12-щели выпускные; 13-шарик; 14-электромагнит.

При включении электромагнита 14 якорь притягивается и шток освобождает шарик 13, который давлением воздуха Рс отбрасывается от входного отверстия, а воздух поступает в диафрагменные камеры, в результате этого резиновые мембраны 9 прогибаются вовнутрь и одна из них передвигает клапаны 2 и 3, а вторая - клапаны 4 и 5 (клапаны 2 и 4 будут закрыты, а 3 и 5 - открыты). Сжатый воздух поступит через окно 10 под поршень цилиндра, который совершит рабочий ход. Воздух из надпоршневой камеры через клапан 5 и щель 12 выйдет в атмосферу.

При выключении электромагнита шарик 13 перекроет выпускное отверстие и сообщит диафрагменные камеры с атмосферой, а пружина 7 возвратит тарельчатые клапаны в исходное положение.

Электрическая система машины состоит из сварочного трансформатора, контактора, переключателя ступеней, электрических цепей, вспомогательных устройств.

Трансформатор однофазный имеет сердечник, собранный из П-образных листов электротехнической стали. Первичная обмотка выполнена в виде двух дисковых многорядных катушек. Вторичный виток литой из сплава АЛ-2 соединен с электродами через жесткие и гибкие шины. Элементы вторичного контура (виток, электроды), а также контактор имеют внутреннее водяное охлаждение.

Регулирование сварочного тока осуществляется за счет изменения вторичного напряжения секционированием первичной обмотки (предусмотрено 8 ступеней) с помощью пакетного переключателя.

Система управления обеспечивает работу машины по заданной программе. Для этого установлен регулятор цикла сварки 10 (Рис.1) - электронное устройство, отсчитывающее интервалы времени цикла сварки и выдающее команды на соответствующие исполнительные элементы машины.

Порядок работы системы. Включена кнопка 8, срабатывает клапан 11 и заготовки сжимаются, начинается отсчет времени "Сжатие". После отсчета установленного интервала времени поступает команда на включение сварочного тока (контактором 9). Ток протекает в течение времени "Сварка", затем отсчитывается интервал времени "Проковка", в конце которого дается команда на подъем электрода. Если педальная кнопка 8 остается нажатой, то после отсчета интервала времени "Пауза" цикл сварки повторяется.

Выдержка времени сварки имеет два диапазона, устанавливаемых тумблером 12; продолжительность выдержек "Сварка" и "Пауза" регулируется рукоятками 14.

4. Режимы и технология точечной сварки

4.1. Выбор режимов

Определить расчетные значения параметров для сварки заготовок заданной толщины из низкоуглеродистой стали.

Диаметр контактной поверхности электродов

$$d_э = 5{,}5\sqrt{S},\ \text{мм},$$

где S - толщина заготовки, мм.

Стандартный ряд диаметров электродов:
4,5,6.7,8,10,12,14мм.

Сварочный ток рассчитать исходя из средних значений плотности тока по контакту «электрод-сталь»:

для жестких режимов i = 280,
для мягких режимов i = 120 А/мм^2.
Время сварки на жестких режимах t=0,l S, на мягких -0,5 S, с.

Усилие сжатия определяют по удельному контактному давлению

$$p = 50 - 120 Н/мм^2.$$

Большие значения принимают при больших толщинах S и жестких режимах.

Для недостаточно очищенных поверхностей заготовок требуется усилие сжатия примерно на 20% большее.

Подобрать режимы сварки по справочной таблице (Приложение 2). Заполнить таблицу приведенной формы, внеся в нее кроме полученных расчетных и табличных данных скорректированные принятые значения.

Таблица. Параметры режимов сварки

Параметры процесса	Значения параметров					
	жесткий режим			мягкий режим		
	расчет-ные	таблич-ные	приня-тые	расчет -ные	таблич-ные	принятые
$J_{СВ}$, А $t_{СВ}$, с P, kH						-

4.2. Технология сварки

Подготовка к сварке заключается в правке (особенно при S > 2 мм), очистке заготовок в местах сварки с двух сторон и сборке их (прихватка струбцинами, точечной сваркой, толстых листов – дуговой сваркой).

Значения шага точек и др. показатели выбирают по приложению 3.

Машина настраивается на необходимый режим работы и затем заготовки сваривают.

5. Техника безопасности

1. Перед началом работы тщательно осмотреть и проверить машину (показания приборов, блокировочные устройства). Закрыть двери.
2. Соблюдать общие меры предосторожности при обслуживании и работе электрических сварочных установок.

3. Работать в фартуке, брезентовых рукавицах и с прозрачными очками.
4. Следить за стабильностью режимов сварки и исправностью оборудования.
5. Не допускать наличия горючих веществ и предметов в радиусе 5-6 м от машины.
6. Не сваривать изделия, протертые горючими веществами (бензин, керосин и т.п.) непосредственно перед сваркой.
7. При сварке алюминия, титана место сварки закрывать прозрачным щитком во избежание получения ожогов от выплесков металла.

Форма отчета

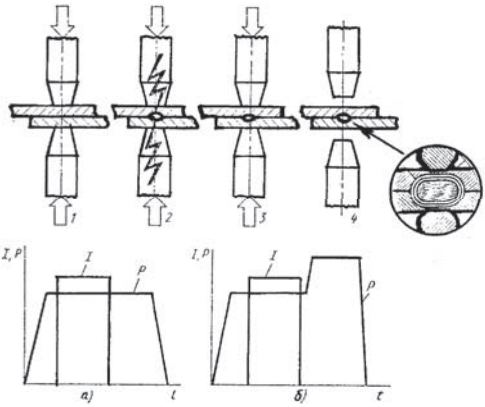
Лабораторная работа 9

Тема. Контактная точечная сварка

1. Сущность процесса контактной точечной сварки.
2. Схема двусторонней контактной сварки.
3. Определение параметров режимов сварки заданного изделия (расчет, выбор табличных значений и т.д.).
4. Сварить заготовки и проверить качество сварного соединения.

Работу выполнил	
Работу принял	

Приложение 1.



Циклограммы (а, б) сварки и стадии цикла:
1 -сжатие; 2 -сварка; 3 -проковка; 4 -пауза

Приложение 2.

Режимы точечной сварки низкоуглеродистой стали

Толщина заготовки, мм	Диаметр контактной поверхности электродов, мм		Длительность прохождения сварочного тока, с	Усилие на электродах, Н	Сила тока, А
	начальный	перед запиливанием			
0,5 + 0,5	5	6	0,2 – 0,3	300 – 400	4000 – 5000
1 + 1	5	6	0,2 – 0,35	800 – 1200	6000 – 7000
1,5 + 1,5	6	7	0,25 – 0,35	1200 – 1600	7000 – 8000
2 + 2	7	8	0,25 – 0,35	1600 – 2000	8000 – 9000
2,5 + 2,5	8	10	0,4 – 0,6	2000 – 2500	11000 – 12000
3 + 3	10	12	0,6 – 1,0	5000 – 6000	12000 – 16000
4 + 4	12	14	0,8 – 1,1	6000 – 8000	14000 – 18000
5 + 5	12	14	0,9 – 1,2	8000 – 9000	17000 – 22000
6 + 6	14	16	1,1 – 1,5	9000–12000	20000 – 25000

Приложение 3.

Конструктивные элементы соединений, выполняемых точечной сваркой, мм

Толщина заготовок	Диаметр точки		На-хлест-ка	λ	Шаг точек (миним.)	c
	номиналь-ный	пред. отклон.				
0,3	2,5	+ 1	6	3	8	8
0,4 – 0,6	3,0		8	4	10	8
0,7 – 0,8	3,5		10	5	13	11
0,9 – 1,1	4,0		12	6	14	12
1,2 – 1,4	5,0		13	6,5	15	13
1,5 – 1,6	6,0		14	7,0	18	15
1,8 – 2,2	7,0	+1,5	16	8,0	24	20
2,5 – 2,8	8,0		18	9,0	30	25
3,0 – 3,2	9,0		20	10,0	36	30
3,5 – 3,8	10,0		23	11,5	40	34
4,0	11,0	+2,0	26	13,0	45	38
4,5	12,0		30	15,0	50	43
5,0	13,0		34	17,0	55	47
5,5	14,0		38	19,0	60	52
6,0	15,0		42	21,0	65	55

λ – расстояние от кромки заготовки до центра точки;
c – расстояние между осями рядов при шахматном расположении точек.

Лабораторная работа 10

Тема. Изучение оборудования и технологии сварки в среде углекислого газа

1. Общие сведения о сварке в среде углекислого газа

Защита расплавленного металла в процессе сварки активным углекислым газом (CO_2) применяется при получении изделий из углеродистых и низколегированных сталей. Возможна сварка и высоколегированных коррозионностойких сталей соответствующими легированными проволоками.

Сварку в CO_2 выполняют плавящимся электродом на постоянном токе обратной полярности ("плюс" на электроде). При прямой полярности снижается устойчивость сварочной дуги и увеличивается разбрызгивание металла. На переменном токе процесс неустойчив. Высокая плотность тока повышает устойчивость дуги. Поэтому применяют тонкую электродную проволоку (0,5 - 3,0 мм). Напряжение на дуге обычно составляет 20-30 В, расход газа - 6-25 л/мин.

Сварка в CO_2 возможна во всех пространственных положениях. Применяют преимущественно на изделиях толщиной более 3мм. Полный провар без разделки кромок достигается при S до 8-10 мм.

В зоне дуги углекислый газ диссоциирует на угарный газ и атомарный кислород, вызывающий повышенное окисление металла и легирующих элементов

$$CO_2 = CO+0 \; ; \; CO = C+0 \; ; \; Fe +0 = FeO.$$

При кристаллизации образуется окись углерода, которая. выделяясь в виде пузырьков, образует в металле шва поры. Для компенсации указанных потерь применяют легированную проволоку с повышенным содержанием раскислителей (2-3% кремния и марганца). Марки используемой проволоки: Св - 08 ГС, Св - 08 Г2С, Св - 10 ГС, Св - 08 ХГ2С и др. Для уменьшения разбрызгивания применяют проволоку с церием Св - 08 Г2СЦ и порошковые проволоки (с ферросплавами Fe - Si, Fe - Мп). Сварка при

этом удорожается, но повышается на 10-20% производительность, улучшается внешний вид шва.

Сварка в углекислом газе является распространенным и самым дешевым способом сварки углеродистых и низколегированных сталей. Основной ее недостаток - сильное разбрызгивание металла (до 10%) и не всегда удовлетворительный внешний вид шва. На открытом воздухе возможно сдувание струи CO_2 ветром - нарушение газовой защиты и снижение качества шва.

Углекислый газ получают обычно как побочный продукт при обжиге известняка и др. процессах. Поэтому он дешевый. Двуокись углерода - бесцветный газ, со слегка кисловатым запахом и вкусом; плотность 1,98 г/л. При охлаждении и атмосферном давлении затвердевает (минуя жидкое состояние) при минус 78,5°С, образуя «сухой лед». Жидкая двуокись углерода может быть получена при повышении давления примерно до 6 МПа (60 кгс/см^2) при комнатной температуре.

Поставляют углекислый газ в баллонах вместимостью 40 литров под давлением 6 -7 МПа. Так как плотность двуокиси углерода в жидком состоянии сильно изменяется с изменением температуры, то отпускают ее не по объему, а по весу. При отборе из баллона получают около 12м^3 газа.

Для получения сварных швов высокого качества необходимо применять сварочную двуокись углерода («углекислоту»), содержащую CO_2 не менее 99,6% по объему (1-й сорт) или 99,0% (2-ой сорт). Использование пищевой углекислоты (CO_2 - 98,8%) допустимо после дополнительной сушки ее от избыточной влаги.

2. Оборудование для сварки

2.1. Источники питания сварочной дуги

При сварке плавящимся электродом в среде защитного газа вольт - амперная характеристика сварочной дуги круто возрастает. Для обеспечения стабильного сварочного процесса в этих условиях необходимо, чтобы источник питания имел жесткую характеристику. Для этого промышленность выпускает сварочные выпрямители ВДГ-303, ВДГ-601; источник постоянного тока И-119 и др. Кроме того, для сварки в защитных газах предназначены универсальные однопостовые выпрямители ВДУ-506, ВДУ-1201, И-115 и др., а также многопостовые источники питания.

2.2. Выпрямитель ВДУ-504-1У3

Выпрямитель стационарный для однопостовой механизированной сварки выпрямленным током в среде углекислого газа и под флюсом, а также для ручной дуговой сварки.

Марка ВДУ-504-1У3 означает: выпрямитель для дуговой сварки универсальный; первая цифра (5), следующая за буквенными индексами, показывает номинальное значение сварочного тока в сотнях **А** - 500А; следующие цифры - номер модификации аппарата; последние буквенно-цифровые индексы - климатическое исполнение (У - для эксплуатации в районах с умеренным климатом).

Выпрямитель входит в комплект сварочных полуавтоматов.

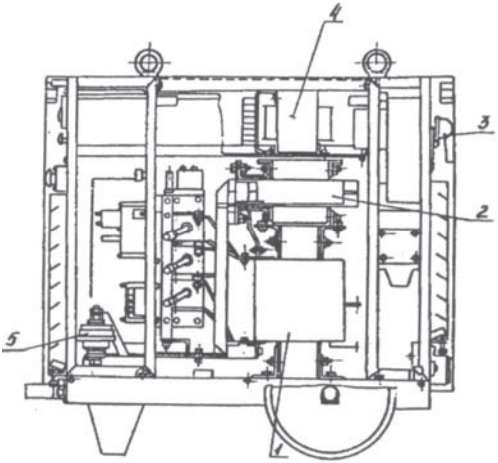


Рис. 1. Общий вид выпрямителя сбоку:

1 - силовой трансформатор. 2 - уравнительный реактор; 3 - переключатель диапазонов регулирования сварочного тока; 4 - трансформатор питания полуавтомата и подогрева газа; 5 - магнитный усилитель

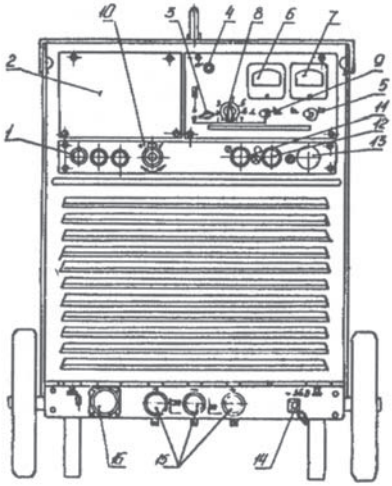


Рис.2. Общий вид выпрямителя
(вид спереди):

1 - блок предохранителей;
2 - ниша для установки блока управления полуавтомата;
3 - переключатель места управления, служит для включения выпрямителя на дистанционное (при работе на жестких характеристиках) или местное управление;
4 - сигнальная лампочка автоматического выключателя выпрямителя;
5 - переключатель внешних характеристик (налево жесткая, направо падающая);
6 - амперметр;
7 - вольтметр;
8 - потенциометр регулирования напряжения (при дистанционном регулировании должен быть отключен);
9 - переключатель местного включения сварочного тока;
10 - выключатель трансформатора, питающего цепи полуавтомата и автомата;
11 - пусковая кнопка выпрямителя;
12 - стоповая кнопка;
14 -разъем для подключения подогревателя газа;
15 - гнезда для присоединения сварочных кабелей:

левое минусовое (включена полная индуктивность) - предназначено для первых диапазонов жестких, а также для падающих характеристик; среднее (минусовое) - для второго диапазона жестких характеристик; крайнее правое - плюсовое гнездо;

16 - разъем для присоединения кабеля блока управления автомата

Универсальный выпрямитель типа ВДУ обеспечивает получение и жестких (пологопадающих), и крутопадающих внешних характеристик. При работе на жестких характеристиках регулируется напряжение с дистанционного пульта управления, а при работе на падающих характеристиках регулируют ток потенциометром на выпрямителе (местное регулирование).

Пределы регулирования рабочего напряжения (В) при жестких характеристиках (рис.3):

1 диапазон 27 (при 250 А) и 50 (при 500 А),

2 диапазон 18 (при 100 А) и 27 (при 250 А).

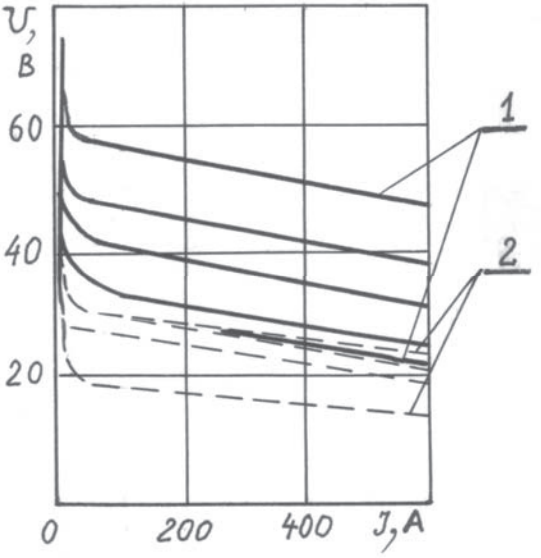


Рис. 3. Жесткие внешние характеристики:

1 - первый диапазон;

2 - второй диапазон регулирования

3. Полуавтомат, горелка, газовые приборы

Полуавтомат как комплектная установка состоит из собственно полуавтомата, источника сварочного тока, блока управления, устанавливаемого в нишу выпрямителя, горелки (держателя), сварочных кабелей, кабелей управления, дополнительно придаваемого баллона, а также газовых приборов (подогреватель, осушитель, редуктор, расходомер; при сварке в смеси газов - смеситель), рукава газового тракта, дистанционного пульта управления (рис. 4).

Полуавтомат сварочный типа ПДГ-508 УЗ (ПДГ-502) предназначен для сварки (в комплекте с выпрямителем ВДУ-504-1) изделий из низкоуглеродистой и конструкционной стали сплошной проволокой диаметром 1,2-2,0 мм в углекислом газе.

Собственно **полуавтомат** служит для подачи электродной проволоки, сварочного тока и защитного газа через горелку в зону сварки. В него входят: кассета с тормозным устройством для размещения и подачи проволоки и подставка, на которой устанавливаются роликовый механизм подачи, токовые и газовые разъемы.

Сварочная горелка (держатель) подводит в зону сварочной дуги электродную проволоку и защитный газ. Конструкция ее должна обеспечивать прохождение тока без перегрева рукоятки и безопасность работы сварщика. Горелка должна быть прочной, легкой, простои по устройству.

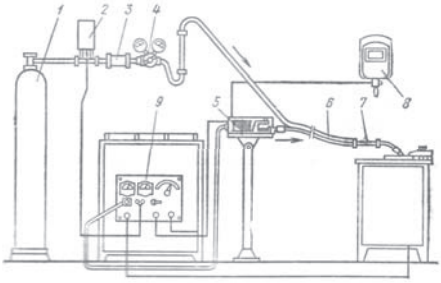


Рис. 4. Установка для сварки в CO_2:
1 - баллон с жидким углекислым газом;
2 - подогреватель; 3 - осушитель;
4 - расходомер; 5 – полуавтомат; 7 - горелка

Основной параметр горелки - номинальный сварочный ток (стандартный ряд: 125, 160, 220, 250, 315, 400, 500 и 630 А).

При силе тока 315 А и более предусматривается водяное охлаждение сопла горелки. Полуавтоматы типа ПДГ-502 (508) комплектуются горелками ГДПГ-301 (для сварки проволокой диаметром 1,2 и 1,4 мм и током до 315 А) и ГДПГ-501 (соответственно 1,6 и 2,0 мм и до 500 А).

Основные элементы горелки: корпус 4 (рис.5) с направляющей трубкой; спираль 6; токоподводящий наконечник 8; сопло 9; выключатель 2; рычажок 3; экран защитный 1. Рукоятка изготовлена из литьевого изоляционного материала. Сопло направляет защитный газ в зону сварки, оно должно создавать ламинарный поток. Сопло изготавливают из меди или специальной керамики. В целях уменьшения налипания брызг металла его поверхность хромируют и полируют.

Токоподводяший наконечник (чаще бронзовый, а также медно - графитовый или из спеченных порошков) для сварки тонкими проволоками (0,8-1,2 мм) имеет поджимной контакт. Наконечники без такого контакта имеют отверстие, в котором с зазором 0,2мм проходит электродная проволока. Из-за быстрого износа, что приводит к нарушению электрического контакта, наконечники часто (примерно через 5 часов работы) заменяют.
Держатель соединяют с подающим механизмом гибким шлангом (поэтому полуавтомат называют шланговым). Длина шланга находится в пределах 1,5-4,0 м. Расстояние от выпрямителя до подающего механизма не превышает 15м.

Для горелок типа ГДПГ-301 в шланге проложены провода цепей управления и сварочного тока, а также направляющий канал для сварочной проволоки. В более мощных горелках шланг подает только проволоку. Для подвода цепей управления и сварочного тока имеется специальный шланг. Защитный газ подается также по специальному шлангу.

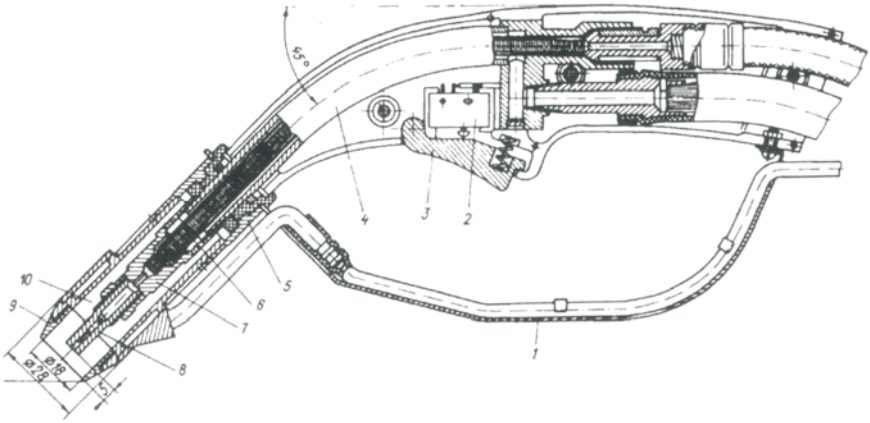


Рис. 5. Газовая горелка ГДПГ -501

Направляющий канал (сменный, в зависимости от диаметра проволоки) представляет собой металлическую спираль со стальной оплеткой, изоляционной трубкой и присоединительными ниппелями.

Подающий механизм выполняется закрытым (с кассетой проволоки массой до 5 кг), открытым и с тележкой и бухтой проволоки массой до 50 кг. Открытый с кассетой стальной проволоки массой 12 или 20 кг смонтирован на основании с четырьмя транспортными колесиками и переносной ручкой. На основании размещены: кассета с тормозным барабаном, исключающим самораскручивание проволоки; электродвигатель постоянного тока с редуктором. На выходном валу редуктора укреплено зубчатое колесо с ведущим роликом, второе колесо с прижимным роликом находится на рычаге прижимного устройства. Для заправки проволоки указанный рычаг с прижимным роликом отводится в сторону. Прижимное усилие роликов регулируется винтом.

Газовая аппаратура включает: баллон с защитным газом (он не входит в комплект поставки), подогреватель и осушитель защитного газа, редуктор и расходомер (или расходомер редукторного типа), шланги для подачи газа.

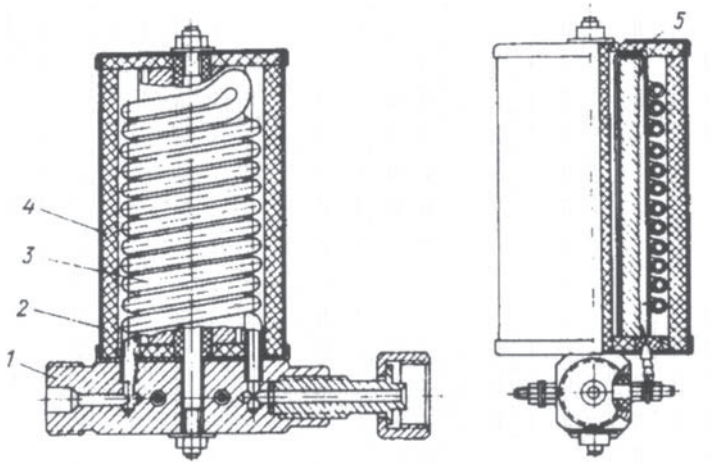


Рис.6. Подогреватель:

1 - корпус; 2 - кожух; 3 - змеевик; 4 - теплоизоляция;
5 - нагревательный элемент; 6 - гайка

Подогреватель газа служит для подогрева CO_2, поступающего из баллона, т. к. при выпуске двуокиси углерода вследствие ее испарения температура газа снижается, а при значительном расходе возможно замерзание редуктора.

Подогреватель (рис. 6) состоит из корпуса 1, кожуха 2 с теплоизоляцией 4, трубки-змеевика 3, по которому пропускается углекислый газ и нагревательного элемента 5, изготовленного из хромель-копели и рассчитанного на напряжение 20 В постоянного или 36 В переменного тока. Подогреватель крепится к баллону гайкой.

Осушитель газа (рис.7) служит для поглощения содержащейся в нем влаги и устанавливается после подогревателя. Он состоит из корпуса 7, в который вставлены сетчатые шайбы 4 и фильтры 5 из стекловаты. Полость между ними заполнена поглотителем влаги (силикагель или обезвоженный медный купорос), который периодически прокаливают при температуре 240-250° С в течение двух часов.

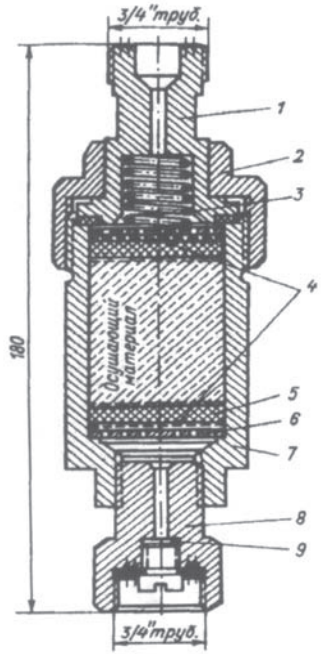


Рис. 7. Осушитель газа

С помощью гайки 2 через пружину 3 втулка 1 сжимает массу поглотителя до полного уплотнения. Объем поглотителя позволяет при одной зарядке осушить 4-6 баллонов углекислоты.

Для понижения давления газа и автоматического поддержания требуемого давления при использовании углекислого газа применяют стандартные кислородные редукторы, например ДКД-8-65, или специальные - У-30. Для измерения расхода газа при сварке служит расходомер: поплавкового типа (ротаметр), дроссельного и калибровочного типа.

Расходомер-регулятор позволяет измерять и регулировать расход газа. Он состоит из корпуса с двумя штуцерами, игольчатого вентиля и манометра. В корпусе перед штуцером для выхода газа установлена диафрагма с отверстием, диаметр которого выбирается (для данного газа) в зависимости от интервала регулирования расхода. Регулируют расход газа игольчатым вентилем, а контролируют по манометру.

Электромагнитный газовый клапан (отсекатель) предназначен для автоматического управления подачей газа. Он работает по принципу втягивания сердечника в катушку при подаче на нее напряжения и возвращения в положение "закрыто" под действием сжатой пружины при отключении напряжения. Включение отсекателя сблокировано с пусковой кнопкой полуавтомата. Это обеспечивает продувку газовых каналов и подготовку защитной среды до зажигания сварочной дуги, а также сохранение защитной среды после гашения дуги до полного остывания металла.

Блок БУСП-1 для управления полуавтоматами серии ПДГ обеспечивает выполнение следующих операций.

В режиме наладки: включение подачи защитного газа для настройки его расхода; установку заданной скорости подачи (V) электродной проволоки; выбор рабочего цикла (для ВДУ-504-1 длительность цикла при механизированной сварке - 10 мин, из них 6 мин - работа под нагрузкой), выбор типа шва по протяженности (длинный, короткий, точечный).

В режиме сварки при получении команды о начале процесса блок включает подачу газа, источник питания и через 0,5 с - подачу электродной проволоки; обеспечивает стабильность подачи проволоки с точностью + 10% при изменении напряжения сети в пределах минус 10 - плюс 5% номинального значения.

При получении команды о прекращении сварки блок управления выключает подающий механизм и осуществляет его торможение; через установленный наладчиком интервал времени (0,5 -5,0 с) отключает источник сварочного тока; через соответствующий интервал отключает подачу газа.

Блок имеет унифицированные входы для подключения внешнего программирующего устройства и дистанционного пульта управления. Программирующее устройство осуществляет изменение режима сварки по заданной программе в зависимости от изменения технологических параметров сварки.

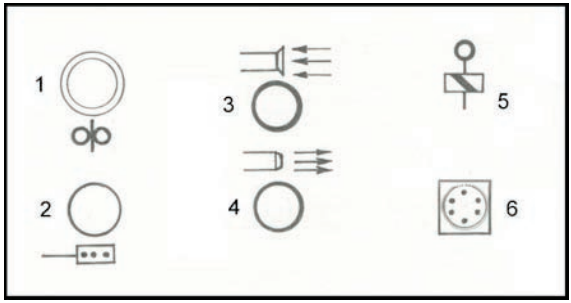


Рис.8. Панель блока управления полуавтоматом:

1, 2, 6 - разъемы кабелей, соответственно «протяжки», дистанционного пульта управления и программирующего устройства;

3,4- штуцеры газового шланга;

5 - сигнальная лампочка.

4. Технология сварки в углекислом газе

Свариваемое изделие должно быть подготовлено к работе (очищено, подготовлены кромки, собраны свариваемые элементы).

Особенно тщательно требуется очистить от смазки, ржавчины, загрязнений электродную проволоку.

Настраивая режим сварки, устанавливают: диаметр электродной проволоки, скорость ее подачи, силу тока, напряжение дуги, расход углекислого газа, положение горелки относительно изделия, пространственное расположение изделия.

Основные параметры процесса принимают ориентировочно по опытным данным в зависимости от толщины свариваемого металла (табл. 1).

Порядок включения полуавтомата.

1. Переключатель диапазонов 3 (рис. 1) поставить в левое положение при работе на 1-ом диапазоне внешних характеристик (ток до 500 А) или в правое положение - 2-ой диапазон регулирования (ток до 250 А).
2. Тумблер 5 (рис. 2) поставить в положение - жесткие характеристики.

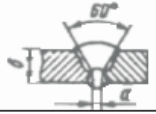
3. Замкнуть рубильник, соединяющий выпрямитель с сетью.
4. Установить рукоятку автоматического выключателя, расположенного на задней стенке выпрямителя в положение «Включено». При этом загорится сигнальная лампочка 4 на лицевой панели блока управления ВДГ.
5. Нажать на пусковую кнопку 11 выпрямителя, убедившись предварительно в отсутствии коротких замыканий сварочной цепи.
6. Переключатель 3 повернуть вверх - в положение «дистанционное регулирование».
7. Рукоятку резистора 8 поставить в нулевое положение.
8. Включить питание цепей управления полуавтомата выключателем 10 (положение I).
9. Включить вентиляцию.
10. Настроить предварительно полуавтомат на скорость подачи проволоки и расход газа.

Настройка осуществляется на дистанционном пульте управления:

- скорость подачи проволоки (V),
- подача газа (тумблером газа),
- сила тока (потенциометром),
- вылет проволоки (тумблером реверсивного движения проволоки).

Расход газа устанавливается вращением регулировочного винта газового редуктора с учетом данных, приведенных в табл. 2 или по показаниям расходомера в л/ мин.

Таблица 1. Режимы сварки в углекислом газе стыковых соединений низкоуглеродистых и низколегированных сталей в нижнем положении (постоянный ток, обратная полярность)

Голщина металла δ, мм	Эскиз соединения	Зазор а, мм	Число проходов	Диаметр проволоки, мм	Сила сварочного тока, А	Напряжение, В	Скорость сварки, м/ч	Вылет электрода, мм	Расход газа, л/мин
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,8 – 1,0		0 – 0,3	1	0,7 – 0,8	50 – 80	17 – 18	25 – 50	8 – 10	6 – 7
1,5 – 2,0		0 – 0,8	1	0,8 – 1,2	90 – 200	18 – 22	25 – 55	8 – 13	6 – 7
2,0		0 – 0,8	1	1,0 – 1,2	180 – 250	22 – 23	25 – 75	10 – 13	7 – 9
3,0		0 – 1,0	1	1,2 – 1,4	200 – 300	23 – 25	25 – 110	12 – 15	8 – 11
4,0		0 – 1,2	2	1,2 – 1,6	200 – 350	23 – 32	25 – 120	12 – 20	8 – 12
6,0		0 – 1,5	2	1,2 – 2,0	250 – 420	25 – 36	25 – 70	12 – 20	10 – 16
8,0		0 – 1,5	2	1,2 – 2,5	300 – 450	28 – 38	20 – 60	12 – 25	11 – 16
10,0		0 – 1,5	2	1,2 – 2,5	320 – 450	29 – 38	20 – 45	12 – 25	12 – 16
14,0		0 – 1,5	2	1,2 – 2,5	380 – 500	33 – 40	15 – 25	15 – 25	12 – 16
16		0 – 1,5	2	1,4 - 2,5	380 – 500	33 – 40	16 – 25	15 – 25	12 – 16
18		0 – 1,5	2	1,6 – 2,5	380 - 500	33 – 40	12 – 25	18 – 25	12 – 18
20		0 – 1,5	2	1,6 – 2,5	380 – 420	32 – 36	14 – 16	18 – 25	12 – 18
					450 – 500	36 – 40	18 – 20		
		0 – 1,5	3	1,6 – 2,5	380 – 420	32 – 36	18 - 20	18 - 25	12 – 18
					450 – 500	36 – 40			
					350 – 400	33 – 36			

Продолжение таблицы 1

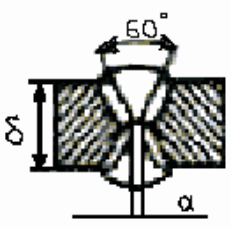
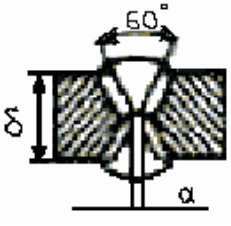
24		0 – 1,5	3	1,6 – 2,5	380 – 420 450 – 500 350 – 400	32 –36 36 – 40 33 – 36	18 – 20	12 – 25	12 – 18
		0 – 1,5	4	1,6 – 2,5	380 – 420 350 – 400 480 – 500 350 – 400	32 – 36 33 – 36 38 – 40 33 – 36	16 – 18	12 – 25	12 – 18
32		0 – 1,5	4	1,6 – 2,5	380 – 420 350 – 400 480 – 500 350 – 400	32 – 36 33 – 36 38 – 40 33 – 36	14 - 16	12 – 25	12 – 18

Таблица 2. Расход газа при установке диафрагмы с отверстием диаметром 1 мм под выходной штуцер редуктора

Давление на шкале манометра, кгс/см.^{2}	0,4	0,6	0,8	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7
Расход $C0_2$, л/мин	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Скорость подачи электродной проволоки зависит от сварочного тока и напряжения. Она устанавливается так, чтобы процесс протекал устойчиво при удовлетворительном формировании шва и незначительном разбрызгивании металла. Следует помнить, что увеличение скорости подачи проволоки приводит к росту сварочного тока.

Значения сварочного тока и скорости сварки зависят от площади поперечного сечения шва. Чем больше сечение, тем меньше скорость сварки и выше сила тока.

Напряжение устанавливают таким, чтобы получить устойчивый процесс сварки при короткой дуге (1,5 - 4,0 мм).

Включение и выключение сварочного тока производится выключателем на горелке полуавтомата.

Перед зажиганием дуги нужно убедиться, что вылет электрода не превышает 40 - 45 мм. При работе он должен находиться в пределах 15-35 мм при диаметре проволоки 1,2 мм и более. Сварка изделий в нижнем положении выполняется с наклоном горелки от вертикальной оси на 5-15° . Рекомендуется сварку толстостенных изделий вести "углом назад", перемещая горелку слева направо. При этом обеспечивается более надежная защита расплавленного металла и лучший вид шва. При сварке "углом вперед" валик получается шире, а глубина проплавления меньше. Так следует сваривать тонкостенные изделия и стали,

склонные к образованию закалочных структур.

В начале сварки возбудить дугу, спустя 30 - 40 с после установки требуемого расхода газа. Тем самым вытеснить воздух и заполнить газом шланги и каналы сварочной горелки.

Перемещая горелку, удерживать дугу на основном металле или на границе сварочной ванны. Дуга на ванне разбрызгивает металл и приводит к образованию пор в шве.

При сварке металла толщиной 1-2 мм горелку перемещают без поперечных колебаний с максимальной скоростью (30-50 м/ч) с наклоном к изделию под углом 30 - 45° и на максимально возможной длине дуги.

При сварке стыковых швов на толстолистовом металле применяют те же приемы, что и при ручной сварке.

В процессе сварки необходимо выдерживать расстояние от торца сопла горелки до свариваемого изделия в пределах 7-15 мм при токе до 150 А и 15-25 мм при токе до 500 А.

Заканчивать прокладку шва следует заполнением кратера металлом. Затем прекратить подачу проволоки и выключить ток. Подача углекислого газа продолжается до полного затвердевания металла в заваренном кратере.

Во время кратковременных перерывов в работе осматривают наконечник и сопло сварочной горелки, провода и шланги

(Шланги не перекручивать!).

Заканчивать сварку в такой последовательности:

1. Выключить выпрямитель кнопкой 12 «СТОП».
2. Рукоятку автоматического выключателя выпрямителя поставить в положение "Выключено".
3. Отключить выпрямитель от сети рубильником.
4. Закрыть вентиль газового баллона.
5. Выключить полуавтомат переключателем 10 (положение 0).
6. Очистить сопло горелки от брызг металла.
7. Выключить вентиляцию.

5. УКАЗАНИЕ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ

5.1. Полуавтомат должен соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.007.8-75.

5.2. Персонал, обслуживающий полуавтомат, должен быть ознакомлен с настоящей инструкцией и иметь допуск на эксплуатацию электроустановок напряжением до 1000 В.

5.3. При эксплуатации полуавтомата необходимо строго соблюдать правила технической эксплуатации электроустановок и правила техники безопасности для электрических и электросварочных установок.

5.4. В помещении, где проводятся электросварочные работы, должны быть вывешены на видном месте правила техники безопасности.

5.5. Работа на полуавтомате разрешается только при надежном заземлении источника сварочного тока и шкафа управления (при его наличии).

СЛЕДУЕТ ПОМНИТЬ, ЧТО РАБОТА БЕЗ ЗАЗЕМЛЕНИЯ ОПАСНА ДЛЯ ЖИЗНИ!

5.6. При появлении ощущения электрического тока следует немедленно прекратить работу и заявить об этом мастеру.

5.7. При производстве ремонта и чистки полуавтомата электрическая сеть и подача газа должны быть полностью отключены.

5.8. Место сварки следует ограждать переносными защитными щитами.

5.9. Сварщик должен иметь щиток или маску со специальным светофильтром, рукавицы, спецодежду, головной убор и прочные закрытые ботинки на резиновой подошве.

5.10. Рабочее место сварщика в закрытом помещении должно быть обязательно оборудовано вытяжной вентиляцией.

5.11. При эксплуатации баллона с защитным газом следует избегать сильных толчков по баллону, нагревания его выше 40 ^{0}С, т.е. необходимо соблюдать правила эксплуатации сосудов, работающих под давлением.

5.12. При работе в помещении с повышенной опасностью

(при наличии влажности, токопроводящего пола, проводящей пыли, при работе в непосредственной близости с металлическими изделиями) должны быть приняты меры предосторожности, исключающие соприкосновение сварщика с токоведущими частями.

Для заземления корпуса выпрямителя на его тележке установлен специальный болт с надписью «Земля». Надежно должны быть заземлены также выходной (минусовой при сварке в $C0_2$) зажим выпрямителя (обратный провод) и сварочный стол.

Заземление выходного зажима должно выполняться самостоятельным проводом к контуру заземления.

Форма отчета

Лабораторная работа 10

Тема.

1. Особенности сварки металла в углекислом газе.
2. Структурная схема установки ВДУ - 501.
3. Основные параметры процесса при сварке стального изделия заданной толщины.

Работу выполнил	
Работу принял	

Приложения

Приложение 1

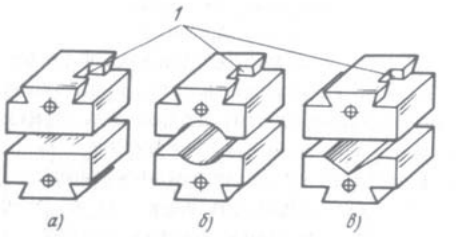


Рис. П.1. Бойки молота:
а-плоские;
б-вырезные;
г-комбинированные
1-гнёзда

Приложение 2

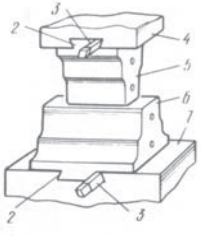


Рис. П.2. Крепление бойков:
2-пазы типа «ласточкин хвост»;
3-клинья; 4-баба молота;
5,6-бойки; 7-шаботная вставка

Приложение 3

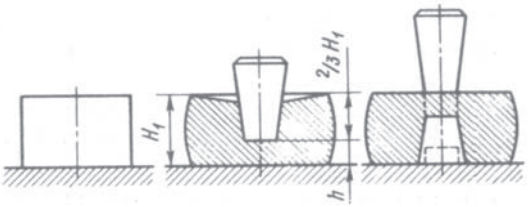


Рис. П.3. Схема прошивки

Приложение 4

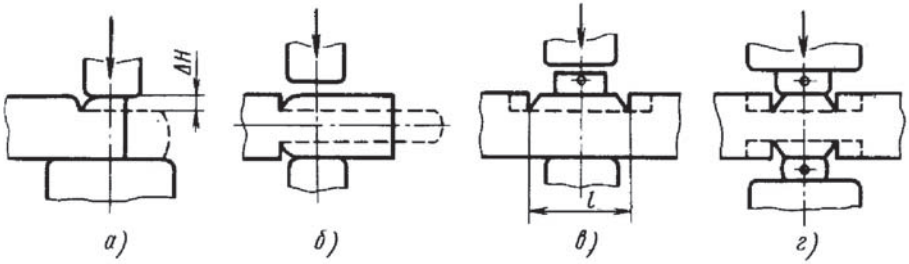


Рис. П.4. Схема ковки уступов (а,б) и выемок (в,г)

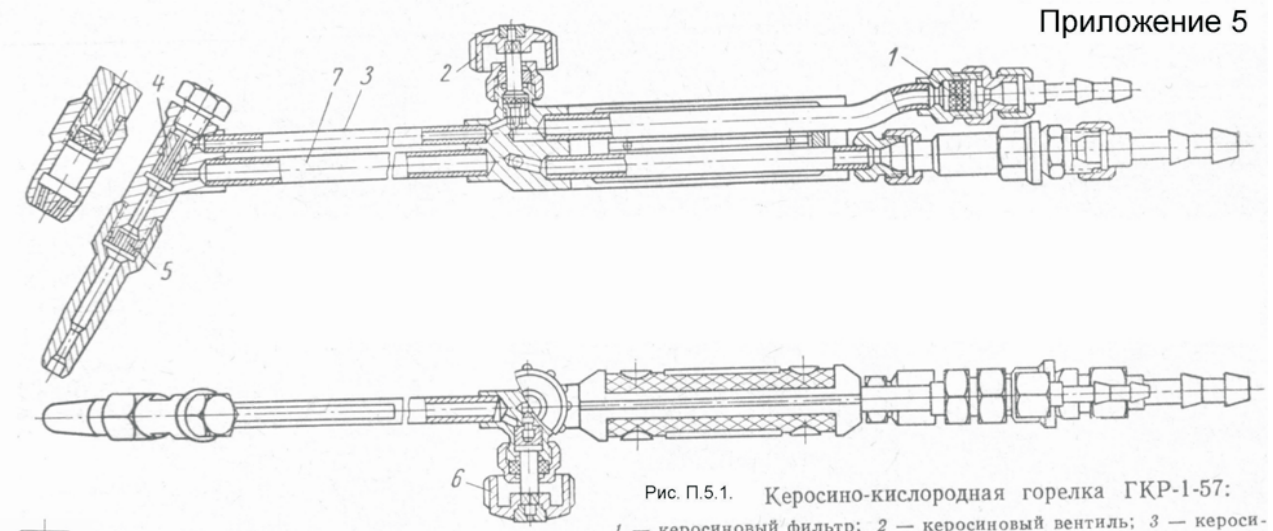


Рис. П.5.1. Керосино-кислородная горелка ГКР-1-57:

1 — керосиновый фильтр; *2* — керосиновый вентиль; *3* — керосиновая трубка; *4* — распылитель; *5* — рассекатель; *6* — кислородный вентиль; *7* — кислородная трубка

Рис.П.5.2. Пропано-бутано-кислородная горелка ГЗУ-2-62:

1 — ствол; *2* — наконечник; *3* — подогреватель; *4* — мундштук сетчатый; 5 - с подогревателем; 6 - со ступенчатым каналом сопла

Литература

1. Лабораторный практикум по технологии горячей обработки металлов /Составители: Пыжик И.М., Жариков Н.А. - Оренбург, 1993.

2. Практикум по технологии конструкционных материалов и материаловедению. /Под ред. С.С. Некрасова. -3-е изд. - М.: Агропромиздат, 1991.

3. Лабораторные работы по технологии литейного производства. /Курдюмов А.В. и др. - М.: Машиностроение, 1990.

4. Абрамов А.Г., Панченко Б.С. Справочник молодого литейщика. - М.: Высшая школа, 1991.

5. Юсипов З.И., Ляпунов Н.И. Ручная ковка. - М.: Высшая школа, 1990.

6. Справочник сварщика. /Под ред. В.В. Степанова. - М.: Машиностроение, 1982.

7. Малышев Б.Д. и др. Ручная дуговая сварка. - М.: Стройиздат, 1990.

8. Никифоров Н.И. и др. Справочник молодого газосварщика и газорезчика. - М.: Высшая шк., 1990.

9. Верховенко Л.В., Тукин А.К. Справочник сварщика. - Минск: "Выш. шк. ", 1990.

Содержание

Лабораторная работа 1
РАСЧЁТ ШИХТЫ 3

Лабораторная работа 2
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ ФОРМОВОЧНЫХ СМЕСЕЙ 8

Лабораторная работа 3
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ В ПЕСЧАНОЙ ФОРМЕ 16

Лабораторная работа 4
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОКОВКИ 28

Лабораторная работа 5
ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ГАЗОВОЙ СВАРКИ И РЕЗКИ МЕТАЛЛОВ 41

Лабораторная работа 6
ИСТОЧНИКИ СВАРОЧНОГО ТОКА 51

Лабораторная работа 7
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
КОЭФФИЦИЕНТОВ ЭЛЕКТРОДОВ 61

Лабораторная работа 8
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
РУЧНОЙ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКИ 65

Лабораторная работа 9
КОНТАКТНАЯ ТОЧЕЧНАЯ СВАРКА 78

Лабораторная работа 10
ИЗУЧЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ
В СРЕДЕ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА 89

ПРИЛОЖЕНИЯ 108

ЛИТЕРАТУРА 110

Жариков Николай Александрович

ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Лабораторный практикум
по горячей обработке металлов

Техн. редактор *Н.А. Жариков*
Корректор *Н.А. Жариков*
Комп. верстка *Н.А. Маловский*

Подписано в печать 17.11.04. Формат 60×84 1/16.
Усл. печ. л. 6,8. Печать оперативная. Бумага офсетная.
Гарнитура Таймс. Заказ № 1961. Тираж 200 экз.

Отпечатано в Издательском центре ОГАУ.
460795, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, 18. Тел. (3532) 77-61-43