

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ГІРНИЧИЙ КОЛЕДЖ
ДЕРЖАВНОГО ВИЩОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ
«КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт
з навчальної дисципліни

«Матеріалознавство»

спеціальність _____ 184 Гірництво _____

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійна програма **«Експлуатація та ремонт гірничого
електромеханічного обладнання та автоматичних пристроїв»**

(назва освітньо-професійної програми)

Укладач: Ружович В.В.

Розглянуто і схвалено
на засіданні циклової комісії
загально технічних дисциплін

Протокол № ___ від «___» ___ 2018 р.

Голова циклової комісії _____ І.М.Пашенко

Кривий Ріг, 2016

Предисловие

Настоящее методическое указание для студентов по «Материаловедению» ставят целью формирование практических навыков и умений в выполнении типовых расчётов и определения различных марок цветных и чёрных сплавов.

Методические указания составлены в соответствии с рабочей программой.

В методических указаниях кратко изложены теоретические положения, необходимые для выполнения практических работ, правила и последовательность выполнения работ.

Перед выполнением каждой работы студент должен подготовиться дома по названной преподавателем теме, а результатом выполнения должен стать отчёт по проделанной работе, содержание и форма которого указаны в каждой практической работе.

После выполнения практических работ студент должен:

Знать

- закономерности процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов, основы их термообработки, способы защиты металлов от коррозии;
- принципы выбора конструкционных материалов для применения в производстве;
- классификацию материалов, металлов и сплавов, их области применения;
- структурные и физические методы исследования строения металлов;
- маркировку чугунов, углеродистых и легированных сталей;
- виды термической обработки;

Уметь:

- Классифицировать конструкционные стали
- Строить диаграммы состояния для трёх видов сплавов
- Определять механические характеристики металлов и сплавов
- Определять твёрдость методами Бринелля, Виккерса, Роквелла
- Определить структурные составляющие стали и чугуна на диаграмме железо-цементит
- Определить химический состав углеродистых и легированных сталей, бронзы и латуни
- Обосновать выбор ТО и ХТО

Правила выполнения практических работ

Студент должен:

- строго выполнять весь объём подготовки, указанный в описаниях соответствующих практических работ;
- знать, что выполнению каждой работы предшествует проверка готовности студента к работе;
- знать, что после выполнения работы каждый студент представляет отчёт о проделанной работе с обсуждением полученных результатов и выводов.

Оценка по работе:

«3» - выставляется студенту, выполнившему работу, но не ответившему на контрольные вопросы и имеющему замечания по оформлению отчёта;

«4» - выставляется студенту, выполнившему работу, ответившему на контрольные вопросы, но имеющему замечания по оформлению отчёта;

«5» - выставляется студенту, выполнившему работу, оформившему отчёт в соответствии с требованиями, ответившему на контрольные вопросы и способному обосновать выводы по проделанной работе.

Порядок выполнения пропущенных работ

Студент, не выполнивший работу по уважительной или неуважительной причинам, выполняет её во внеурочное время, назначенное преподавателем, в полном или сокращённом объёме по усмотрению преподавателя.

Правила оформления отчётов по практическим работам

Отчёты выполняются в виде сборников на листах формата А4.

Допускается использовать тетрадные листы.

Первый лист сборника – титульный лист.

Второй лист сборника – перечень практических работ.

Все листы сборника имеют рамки и основные надписи по ГОСТ 2.104-68

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

Тема: Перевод значений твёрдости по Бринеллю в значения твёрдости по Виккерсу и Роквеллу.

Цель работы: Формирование навыков определения твёрдости различными методами.

Содержание отчёта:

1. Номер практической работы, тема, цель.

2. Перечислить три способа определения твёрдости. Указать их обозначения и единицы измерения.

3. Решить задачу № 1 Номер задачи указан в таблице 2.1, выбрать по варианту. (Номер задачи из двух цифр, первое обозначает номер условия задачи, второе номер данных в таблице. Смотри условия задач №1,2,3)

Таблица 2.1 Задание по вариантам.

вариант	задача	вариант	задача	вариант	задача
1	1.1	11	2.1	21	3.1
2	1.2	12	2.2	22	3.2
3	1.3	13	2.3	23	3.3
4	1.4	14	2.4	24	3.4
5	1.5	15	2.5	25	3.5
6	1.6	16	2.6	26	3.6
7	1.7	17	2.7	27	3.7
8	1.8	18	2.8	28	3.8
9	1.9	19	2.9	29	3.9
10	1.10	20	2.10	30	3.10

4. Пользуясь таблицей №2.2 выбрать три строки, начиная отсчёт от вашего варианта. Выполните перевод значений твёрдости по Виккерсу в значения твёрдости по Бринеллю и Роквеллу.

Задача 1. (Варианты 1-10)

Определить диаметр отпечатка, если твёрдость по Бринеллю (**НВ**), а прикладываемая нагрузка **Р**, диаметр закалённого шарика **Д** (мм).

Пара метр	Ед. измер	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Р	Н	30000		20000		10000		16500		25000	
Д	мм	10	10	5	5	5	5	5	5	5	5
НВ	МПа	1600	1600	1000	1000	600	600	800	700	160	165
Р	кгс	-	3000	-	2000	-	1000	-	1650	-	250

Задача 2. (Варианты 11-20)

Определить твёрдость по Бринеллю, если приложенная нагрузка P (кгс), диаметр индентора D (мм), а диаметр отпечатка d (мм). Указать твёрдость по Бринеллю в МПа.

Параметр	Ед	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ы	ИЗМ										
P	кгс	3000	1000	1650	250	31,25	62,5	3000	1000	1650	250
D	мм	10	10	5	5	2,5	2,5	10	10	5	5
d	мм	7	8	4	3,8	2	2	7,5	9,1	4,3	3,8

Задача 3. (Варианты 21-30)

Определить по методу Виккерса длину диагонали отпечатка. Если прикладываемая нагрузка в течении 15 сек к индентору составила P (кгс), а твёрдость HV (кгс/мм²), (МПа).

Параметры	Ед	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	ИЗМ										
HV	МПа	1149	-	610	-	419	-	383	-	307	-
P	кгс	15,8	15,8	8,4	8,4	5,7	5,7	5,28	5,28	4,23	4,23
HV	Кгс/мм ²	--	117,2	-	62,2	-	42,7	-	39,1	-	31,3

Таблица №2.2 Перевести значения твёрдости по Виккерсу в значения твёрдости по Бринеллю и Роквеллу.

№	HB	HV	HRC	HRA	HV
	$H/мм^2=МПа$	$HB=$ HV До450 Кгс/мм ²	$HRC= HB/10$ HB в (МПа)	$HRA=($ $HRC+104):2$	$H/мм^2=МПа$
1					200
2					1149
3					586
4					1067
5					247
6					200
7					351
8					756
9					143
10					508
11					1149
12					328
13					756
14					563
15					693
16					610
17					1149
18					653
19					586
20					1067

21	1149
22	980
23	1149
24	508
25	1149
26	328
27	610
28	693
29	1067
30	1149

Таблица 2.3 Соотношение значений твёрдости, определённых разными методами

Твёрдость по Бринеллю		Твёрдость по Роквеллу		шарик	Твёрдость
Шарик D=10мм		Алмазный конус			по
Диаметр отпечатка	НВ (кгс/мм ²)	HRA	HRC	HRB	Виккурсу НВ (кгс/мм ²)
2,25	745	83	70	-	1149
2,3	712	82	68	-	1067
2,35	682	82	66	-	980
2,3	653	82	64	-	868
2,45	627	81	62	-	832
2,5	601	81	59	-	756
2,55	578	80	57	-	693
2,6	555	79	56	-	653
2,65	534	78	54	-	610
2,7	514	77	52,5	-	586
2,75	496	76	51	-	563
2,8	477	76	49,5	-	531
2,85	461	75	48	-	508
2,9	444	74	47	-	484
2,95	429	73	45,5	-	457
3,0	415	73	44	-	442
3,05	401	72	42	-	419
3,1	388	71	41	-	406
3,15	375	70	39,5	-	383
3,2	363	70	39	-	377
3,25	352	69	38	-	361
3,3	341	69	37	-	351
3,35	331	68	36	-	342
3,4	321	68	35	-	328
3,45	311	67	33,5	-	315
3,5	302	67	33	-	307
3.55	293	66	31	-	297
3,6	285	66	30	-	288
3,65	277	65	29	-	280

3,7	269	65	28	-	271
3,75	262	64	27	-	264
3,8	255	64	26	-	259
3,85	248	63	25	-	247
3,9	241	63	24	100	242
3,95	235	62	23	99	235
4,0	229	62	22	98	229
4,05	223	61	21	97	223
4,1	217	61	20	97	217
4,15	212	60	19	95	211
4,2	207	60	18	95	206
4,25	201	59	-	93	200
4,3	197	58	-	93	196
4,35	192	58	-	92	191
4,4	187	57	-	91	186
4,45	183	56	-	89	181
4,5	179	56	-	88	179
4,55	174	55	-	87	172
4,6	170	55	-	87	169
4,65	167	54	-	85	165
4,7	163	53	-	84	162
4,75	159	53	-	83	159
4,8	156	52	-	82	155
4,85	152	52	-	81	152
4,9	149	51	-	80	149
4,95	146	50	-	78	146
5,0	143	50	-	77	143
5,05	140	-	-	76	-
5,1	137	-	-	75	-
5,15	134	-	-	74	-
5,2	131	-	-	72	-
5,25	128	-	-	71	-
5,3	126	-	-	70	-
5,35	123	-	-	69	-
5,4	121	-	-	68	-
5,45	181	-	-	67	-
5,5	116	-	-	65	-
5,55	114	-	-	64	-
5,6	111	-	-	63	-
5,65	109	-	-	61	-
5,7	107	-	-	59	-
5,75	105	-	-	58	-
5,8	103	-	-	56	-
5,85	101	-	-	55	-
5,9	99	-	-	54	-
5,95	97	-	-	53	-
6,0	96	-	-	52	-

Пример выполнения задачи 1

Определить по методу Виккерса длину диагонали отпечатка. Если прикладываемая нагрузка в течении 15 сек к индентору составила $P = 8,4$ кгс, а твёрдость HV650 МПа.

Дано:

$$HV650 \text{ МПа} = HV65 \text{ кгс/мм}^2$$

$$P=8,4 \text{ кгс}$$

$$d = ?$$

Решение

Твёрдость по Виккерсу определяется по формуле

$HV=1,854 P/d^2$ из основной формулы выражаем длину диагонали

$$d^2=1,854 P/ HV=1,854*8,4/65=0,24 \text{ мм}^2$$

$$d=0,49 \text{ мм}$$

Ответ: длина диагонали отпечатка составила 0,49мм

Пример выполнения задачи 2

Таблица №2.2 Перевести значения твёрдости по Виккерсу в значения твёрдости по Бринеллю и Роквеллу.

№	HB	HV	HRC	HRA	HV
	H/мм ² =МПа	HB= HV До450 Кгс/мм ²	HRC= HB/10 HB в (МПа)	HRA=(HRC+104):2	H/мм ² = МПа
1	212	21,53	21,2(табл.знач.19)	62,6(табл.знач.60)	211

Контрольные вопросы

1. В каких единицах определяется твёрдость по Роквеллу?
2. Дать определение твёрдости.
3. Указать время приложения нагрузки при определении твёрдости по Виккерсу и Бринеллю.
4. Какую форму и из какого материала изготовлен индентор для определения твёрдости по Виккерсу?
5. Каким методом определяется твёрдость на готовом изделии.

Литература

1. Адашкин А.М., Зуев В.М. Материаловедение (металлообработка): учебник для нач. проф. образования: учеб. пособие для сред. проф. образования. М.: Издательский центр «Академия» 2006. -240 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

Тема: Классификация и характеристика углеродистых сталей.

Цель практической работы: Формирование умения классифицировать углеродистые стали, подобрать конструкционные материалы по их назначению и условиям эксплуатации.

Содержание отчёта:

- 1.Номер работы, тема, цель.
- 2.Выполнить задание1 (Таблица №2.1) по вариантам и оформить в виде таблицы№2.2, как показано на примере.
- 3.Написать по две детали из стали вашего варианта.
- 4.Подобрать конструкционный материал для изготовления проката различного профиля.

Таблица№2.1 Индивидуальные задания по вариантам

№	Стали углеродистые			Температура		
1	10	80	У13	20	730	1000
2	15	У12А	У8	30	740	1050
3	20	80	У10	120	435	1110
4	25	У12А	45	500	750	1500
5	30	75	У13А	450	750	1600
6	40	У10А	Ст5кп	300	600	1400
7	35	У8	У10А	300	740	1500
8	45	У13А	У8	40	620	1200
9	50	У7	У10А	70	750	1140
10	55	У13А	85	100	900	1200
11	60	У11	У8А	150	810	1250
12	65	Ст3кп	У12А	740	350	1500
13	45	У9А	АСт6кп	170	750	1200
15	50	ВСт2кп	80	120	750	1300
16	У8А	70	БСт2пс	150	760	1500
17	55	У13А	ВСт3сп	70	750	2000
18	У12А	АСт4кп	75	90	800	1500
19	У13	55	АСт3кп	70	1300	1400
20	65	У11	БСтт3пс	65	730	1300
21	60	У11	У8А	50	850	1250
22	45	У9А	АСт6кп	175	850	1300
23	У8А	70	БСт2пс	250	860	1300
24	У12А	АСт4кп	75	190	600	1200
25	65	У11	БСтт3пс	265	530	1000
26	15	У12А	У8	130	540	950
27	25	У12А	45	100	550	1400
28	40	У10А	Ст5кп	100	600	1200
29	45	У13А	У8	140	820	1200
30	55	У13А	85	200	900	1500

Пример выполнения задания 1 показан в таблице №2.2

Задача 1

Пользуясь диаграммой «Железо-цементит» определите структурные составляющие при различных температурах и укажите характеристики сталей

Таблица№2.2

№	Характеристики углеродистых сталей	Сталь45	У8	У12А
1	Содержание углерода	0,45	0,8	1,2
2	Конструкционная	да	нет	нет
3	Инструментальная	нет	да	да
4	Доэвтектоидная	+	-	-
5	Эвтектоидная	-	+	-
6	Заэвтектоидная	-	-	+
7	Качественная	+	+	-
8	Высококачественная	-	-	+
9	Структура при температуре 20 ⁰ С	Ф+П	П	П+Ц
10	Структура при температуре 730 ⁰ С	А+Ф	А	А+Ц
11	Структура при температуре 1130 ⁰ С	А	А	А

2. Ответ на задание 2. Написать по две детали из сталей по заданию (пример)

Сталь 45- шестерни, валы

У8 – центры токарных станков, ножницы.

У12А – фрезы, ножи по металлу.

Контрольные вопросы

1. Перечислить способы получения стали.
2. Что загружают в индукционные печи для получения стали?
3. Какие примеси снижают качество стали?
4. Перечислить металлический фасонный профиль, получаемый методом проката.

Литература:

1. Кузьмин Б.А. и др. Металлургия, металловедение и конструкционные материалы. Учебник для техникумов, М.: «Высшая школа», 1977. – 304 с.
2. Колесов С.Н. Материаловедение и технология конструкционных материалов: М.: «Высшая школа», 2004. – 352 с

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3

Тема: Химико-термическая обработка и поверхностное упрочнение стали.

Цель практической работы: Формирование умений определять разновидности и назначение химико-термической обработки.

Содержание отчёта:

1.Номер работа, тема, цель.

2.Заполнить таблицу 9.1«Основные характеристики химико-термической обработки» по вариантам.

Варианты 1-10

Азотирование, борирование.

Варианты 11-20

Алитирование, хромирование.

Варианты 21-35

Цианирование, нитроцементация.

Теоретические сведения

Химико-термическая обработка-это процесс химического и термического воздействия на поверхностный слой стали с целью изменения свойств, структуры и состава. Химико-термическая обработка повышает твёрдость поверхности стали, её износостойкость, коррозионную стойкость, кислотоустойчивость и другие свойства. Химико-термическая обработка основана на диффузии атомов различных химических элементов в кристаллическую решетку железа при нагреве в среде, содержащей эти элементы.

Таблица №9.1 Основные характеристики ХТО

№	Перечень вопросов	Цементация (пример выполнения задания)	Ваш вариант по заданию
1	Сущность обработки	Насыщение поверхностного слоя стали атомами углерода	
2	Цель процесса насыщения	Увеличить твёрдость и износостойкость	
3	Температура процесса насыщения	840-920 °С	
4	Среда насыщения	Древесный уголь, углекислые соли	
5	Степень насыщения	0,8-1,2% углерода	
6	Продолжительность процесса насыщения	6-14часов	
7	Глубина слоя насыщения	0,5-2 мм	
8	Какие стали подвергаются ХТО	Углеродистые и	

		легированные с содержанием углерода 0,15; 0,20; 0,25.	
9	Марки стали	15, 20, 15Х, 25ХГТ, 20ХНМ, 2ХН3А, ...	
10	Рекомендуемые: Предварительные и последующие обработки	1. Мех. обработка 2. Цементация 3. Закалка неполная 4. Отпуск низкий	
11	Детали	Шестерни, валы, оси и т.д.	

Контрольные вопросы

1. Перечислить виды химико-термической обработки стали.
2. Рассказать принцип действия карбюризатора.
3. Назвать цель поверхностного упрочнения металлорежущих элементов.
4. Перечислить способы цементации.
5. Рассказать о назначении химико-термической обработки.

Литература:

1. Стерин И.С. Материаловедение: учебное пособие - М.: Дрофа, 2009. -352с.
2. Козлов Ю.С. Материаловедение: М.: Издательство «АГАРА», 1999. –180 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4

Тема: Определение химического состава углеродистых и легированных сталей.

Цель работы: Формировать умения определять химический состав углеродистых и легированных сталей

Содержание работы:

- 1.Номер работы, тема, цель.
- 2.Написать химический состав стали по заданию №1
- 3.Написать свойства, которые появились в легированных сталях. Задание 2
- 4.Перечислить, какие изделия можно изготовить из предложенных сталей. Задание 3

Задание №1.

Определить химический состав углеродистых и легированных сталей для трёх марок, согласно вашего варианта. Задание в таблице 8.1

Таблица 8.1 Задание к задаче №1 по вариантам

№	1	2	3	№	1	2	3
1	15	У8	18ХНМА	16	14Г2	Ст1	50ХМ
2	20	Ст3	18Х2Н4А	17	15ХСНД	У8А	45
3	ШХ6	20ХГСА	15Х	18	20Х2Н4А	А20	30
4	45	20ХГ	18Х2НА	19	18ХГТ	50	У13А
5	80	25ХГТ	2ХМ4А	20	45Х	У9А	ВСт3
6	65	У9	12ХНЮА	21	30ХРА	Ст3	У10
7	У8	20ХНМ	40ХФА	22	60Г	АС40ХЕ	У13А
8	АСт3	У10	50ХФА	23	60С2	У10А	45
9	20Х13	У13	65С2ВА	24	50ХГ	Ст2	У7А
10	75	У11	70С2ХА	25	ШХ9	У11А	А40Г
11	А12	ХГС	35	26	9ХФ	Ст5	40
12	А40Г	У12А	40Х10С2М	27	11ХФ	У12	30Х3РА
13	А35Е	35Г	18Х2Н4МА	28	9ХС	АС20ХГНМ	20Х2НА
14	ШХ15	У13	25ХГСА	29	Х12Ф1	ВСт6	20ГСА
15	Ст1	17Х18Н9	40ХМФА	30	45Х	У9	18ХМА

Пример выполнения задания №1 к практической работе № 8 представлен в таблице 8.2

Таблица 8.2

Химический состав стали	А35Е (Сталь автоматная)	У9А	12ХН2ЮА
-------------------------	-------------------------	-----	---------

Углерод		0,35	0,9	0,12
Вредные примеси	Сера	0,035	0,015	0,015
	Фосфор	0,04	0,025	0,025
Полезные примеси	Марганец	0,3	0,3	0,3
	Кремний	0,3	0,3	0,3
Легирующие элементы	Хром	-	-	1,0
	Никель	-	-	2,0
	Алюминий	-	-	1,0
	Селен	1,0	-	-
Железо		97,975	98,46	95,24
	ИТОГО	100	100	100

Задание №2

Написать, какие свойства изменили легирующие элементы в ваших сталях. При ответе на второй вопрос пользуйтесь таблицей 8.3

Пример выполнения задания № 2

12ХН2ЮА

Хром увеличивает 1.Твёрдость 2. Прочность 3. Пластичность
4. Коррозионную стойкость

Никель увеличивает 1.Коррозионную стойкость
2. Прочность
3. Ударную вязкость
4. Прокаливаемость

Алюминий увеличивает 1. жаростойкость

Буква А в конце марки обозначает, что сталь высококачественная.

Таблица 8.3 Влияние легирующих элементов на свойства черных металлов

Легирующие элементы	Cr	Ni	W	V	Ti	Co	Mo	AL	Cu
Увеличивает твёрдость	Ххххх		Хххх	Хххх	Хххх				
	ххххх		х	х	х				
			ххххх	ххххх	ххххх				
Увеличивает прочность	Ххххх			Хххх	Хххх		Хххх		
	ххххх			х	х		х		
				ххххх	ххххх		ххххх		
Увеличивает коррозионную стойкость	Ххххх	Хххх							
	ххххх	х							
		ххххх							
Усиливает пластичность	Ххххх								
	ххххх								
Высокая прочность		Хххх							
		х							
		ххххх							
Высокая пластичность		Хххх							
		х							
		ххххх							

Повышает ударную вязкость	Xxxx x xxxxx	Xxxx x xxxxx		
Увеличивает прокаляемость	Xxxx x xxxxx			
Увеличивает жаростойкость		Xxxx x xxxxx	Xx x xxx	
Повышает упругость			Xxxx x xxxxx	
Увеличивает антикоррозионные свойства				X x X x xx
Увеличивает красностойкость	Xxxx x xxxxx		Xxxx x xxxxx	

Пример выполнения задания № 3

A35E-сталь автоматная с добавлением селена. Сталь предназначена для изготовления стандартных деталей с резьбой на станках автоматах.

Контрольные вопросы

- 1.Перечислить области применения автоматных сталей
2. Назвать коррозионностойкие легирующие элементы
- 3.Назвать 5 обозначений легирующих элементов
- 4.Перечислить вредные примеси для стали
- 5.Рассказать о необходимости применения легирующих элементов

Литература:

- 1.И.С.Стерин «Материаловедение» Москва «ДРОФА» 2009г
2. С.Н.Колесов «Материаловедение и технология конструкционных материалов» Москва «ВШ» 2004г

Практическая работа № 5

Паяние металлов

Цель работы: изучить и освоить методы паяния металлов и сплавов, ознакомиться с материалами, применяемыми при паянии, приобрести навыки работы с паяльником.

Оборудование, материалы и инструменты:

1. Паяльники.
2. Подставки для паяльников
3. Комплект составных частей для сборки деталей.
4. Наждачная шкурка.
5. Набор припоев.
6. Набор флюсов (бура, канифоль, и др.)
7. 10%-ный раствор едкого натра.
8. Ацетон.
9. Бензин.
10. Кислота.
11. Вода.
12. Защитные очки.

4.1. Теоретическое введение

Паянием называют способ соединения друг с другом двух или нескольких металлических или металлизированных деталей посредством связующего металла или сплава (припоя), температура плавления которого ниже температуры плавления спаиваемых частей.

К преимуществам пайки относятся: незначительный нагрев соединяющихся частей, что сохраняет структуру и механические свойства металла; сохранения размеров и форм детали; прочность соединения.

Современные способы позволяют паять углеродистые, легированные и нержавеющей стали, цветные металлы и их сплавы.

Процесс паяния заключается в следующем. В зазор между нагретыми соединяемыми металлами вводят жидкий расплавленный припой, который при охлаждении затвердевает и прочно соединяет спаиваемые части.

Способы удаления окисной пленки

Прочность паянного соединения зависит от взаимодействия основного металла с расплавом припоя. При пайке существенное значение имеют смачиваемость основного металла жидким припоем, их взаимная растворимость и диффузия. Поэтому соприкасающиеся поверхности перед спаиванием очищают от грязи, жира и окисной

пленки. Чтобы удалить окисную пленку, образующуюся при паянии на металле, и создать необходимые условия для смачивания металла припоем, применяют специальные химические вещества, называемые флюсами, а также газовые среды и физико-механические способы.

Флюсовая пайка является наиболее распространенным процессом. Флюс не только удаляет окисную пленку, но и защищает металл от окисления.

Применяется несколько видов флюсов, различающиеся по составу и по своим кислотным свойствам. В таблице 5.1. даны некоторые виды флюсов наиболее часто применяемых для пайки металлов.

Газовые среды применяют для защиты поверхности металла и припоя от окисления в процессе пайки. Обычно это инертные газы. Для удаления окисной пленки применяют активные газы - водород; и окись углерода.

При физико-механическом способе окисные пленки удаляются механическим воздействием и ультразвуком.

Таблица 1.

Основные характеристики флюсов для пайки

Флюс	Компоненты флюса	Содержание, % (по массе)	Температура пайки, °С	Назначение флюса
Бура		100	800-1150	Для пайки углеродистых сталей, чугунов, меди и её сплавов
Борная кислота	Тетраборнокислый натрий Борная кислота	100	800-1150	медноцинковыми и серебряными припоями.
№ 200	Борная кислота Тетраборнокислый натрий	68-72 19-21	850-1150	Для пайки легированных сталей
№ 201	Фтористый кальций Борная кислота Тетраборнокислый натрий	8-10 79-81 13-15	850-1150	Для пайки легированных сталей
	Лигатура (48%Al, 48% Cu, 4%Mg)	5-6 0,4-0,6		
Паяльная кислота	Хлористый цинк	25	290-350	Для пайки сталей, меди и её сплавов
	Вода	75		
	Хлористый цинк	18	180-320	низкотемпературными припоями
	Аммоний	6		
	Вода	76		
	Хлористый цинк	25	180-320	
	Соляная кислота	25		Для пайки нержавеющей сталей
	Вода	50		
Канифоль	Канифоль	100	150-300	Для пайки меди и её

				сплавов
КЭ	Канифоль	25	150-300	Для пайки меди и её сплавов
	Спирт этиловый	75		
ЛК-2	Канифоль	28	280-300	Для пайки меди и её сплавов, оцинкованного железа и никеля
	Хлористый цинк	3		
	Хлористый аммоний	1		
	Спирт этиловый	68		
34А	Хлористый калий	54-56	420-620	Для пайки алюминия и его сплавов
	Хлористый литий	29-35		
	Фтористый натрий	9-11		
	Хлористый цинк	8-12		
№ 5	Карналлит	89	420-620	Для пайки магниевых сплавов
	плавленный Криолит	8		
	Окись цинка	3		

Припой.

В качестве припоев для пайки используют чистые металлы и сплавы. Припои должны отвечать следующим основным требованиям: иметь температуру плавления ниже температуры плавления паяемых металлов; хорошо смачивать основной металл и заполнять соединительные зазоры; обеспечивать получение прочных и коррозионностойких паяемых соединений; иметь близкий с паяемым металлом коэффициент теплового расширения; по возможности не содержать дефицитных компонентов; иметь простую технологию пайки. В зависимости от температуры плавления все припои подразделяются на легкоплавкие (с температурой плавления до 400°C) и тугоплавкие (с температурой плавления выше 400°C).

Легкоплавкие припои (мягкие).

Из числа легкоплавких припоев наиболее широко распространены оловянно-свинцовые, состоящие из свинца и олова, взятых в различных соотношениях. Иногда кроме них в припой вводят висмут и кадмий для понижения температуры плавления или сурьму, увеличивающую прочность шва.

В таблице 5.2. приведены данные различных марок оловянно-свинцовых припоев, применяемых на приборостроительных заводах. Эти припои имеют низкую температуру плавления и незначительную прочность. В приборостроении паяние мягкими припоями применяется при электромонтажных работах для соединения проводов с выводами электроэлементов и для других подобных соединений. Не следует применять мягкие припои для соединения деталей, несущих нагрузку, или подвергающихся действию сил ускорения, возникающих при ударах или вибрации, или работающих при температуре выше 100°C. Можно допустить соединение деталей мягким припоем лишь в отдельных случаях, когда механические усилия, действующие на место спаивания, малы, а площадь соприкосновения деталей, связываемая припоем, достаточно велика. Во всех случаях паяние мягким припоем для ускорения процесса и получения более надежного соединения соприкасающиеся поверхности спаиваемых деталей предварительно лудят.

Лужением называют процесс покрытия поверхности металлов тонким слоем припоя (оловом).

Паяние алюминия и его сплавов возможно лишь при условии удаления пленки окислов в процессе паяния. К недостаткам мягких припоев для паяния алюминия следует отнести

незначительную механическую прочность соединения и плохую сопротивляемость коррозионным разрушениям. Более надежные тугоплавкие припои на алюминиевой основе, содержащие кремний, цинк и медь. Температура плавления таких припоев лежит в пределах 520-650°C.

Тугоплавкие припои (твердые).

К тугоплавким припоям относятся припои с температурой плавления выше 400-500°C.

В таблице 2. для примера представлены две группы таких припоев; 1) припои на медной основе; 2) серебряные припои.

Припои медно-цинковые вследствие хрупкости не могут применяться для спаивания деталей, подверженных ударным нагрузкам или вибрации. Эти припои применяют при "тонкой" пайке, когда требуется соединить детали, несущие лишь статическую нагрузку.

Для соединения стальных деталей наиболее доступными тугоплавкими припоями являются чистая медь и латуни Л62 и Л68 (табл. 3.). Соединения, паяные латунью, обладают более высокой по сравнению с паяной медью прочностью и пластичностью и могут подвергаться значительным деформациям. Перегрев латунных припоев вызывает испарение цинка, ухудшая механические свойства соединений.

Следует иметь в виду, что пары цинка ядовиты! Припой на медной основе марки ЛОК (латунь оловянно-кремнистая) содержит небольшие присадки кремния и олова) уменьшающие испарение цинка и обеспечивающие более высокую плотность и герметичность.

Припои, свойства и назначение

	Наименование и марка	Интервал кристаллизации и		Химический состав						Металлы, подвергаемые пайке	Назначение припоя (примеры применения)
		начало	конец	Ag	Cb	Sn	Zn	Sb, Pb и др.	примеси		
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Медно-цинковые	ПМЦ-36	825	800	-	36	-	ост.	-	0,6	Латунь и другие медные сплавы с содержанием меди до 68%, а также тонкая пайка по бронзе Медь, томпак, бронза, сталь, нейзильбер	Для соединений, не подвергающихся ударам, вибрации и изгибу
	ПМЦ-54	880	876	-	54	-	ост.	-	0,6		
Тугоплавкие Серебряные	ПСр-70	775	730	70	26	-	4	-	0,5	Медь, латунь, серебро	Для паяния деталей в случаях, когда места спая не должны резко уменьшать электропроводность
	ПСр-65	-	-	65	20	-	15	-	0,5		
	ПСр-45	725	660	45	30	-	25	-	0,5	Медь, латунь, стали хромистые и нержавеющей	Для паяния деталей в случаях, когда требуется прочность (при ударах, вибрациях), стойкость против коррозии, чистота спая
	ПСр-25	775	745	25	40	-	35	-	0,5	Сталь, медь и медные сплавы	
	ПСр-12М	825	780	12	52	-	36	-	0,5	Латунь с содержанием меди 50%	Для паяния деталей из латуни с высоким

Легкоплавкие

Оловянно-свинцовые

ПОС-90	222	183	-	-	90	.	Sb 0,5 ост	0,294	Латунь, медь	содержанием меди Для паяния медной аппаратуры и пищевой посуды
ПОС-61	198	183	-	-	61	-	Sb 0,8 ост	0,314	Латунь, медь	Для паяния ответственного назначения – металла с керамикой, выводных концов ротора с ламелями коллектора и т.п.
ПОС-40	235	183	-	-	40	-	Sb 2 ост	0,32	Латунь, медь, малоуглеродистая сталь, никель, луженый в местах пайки	Паяние латуни, токопроводящих деталей, проводов, наконечников, лепестков и т.д.
ПОС-18	277	183	-	-	18	-	Sb 2,5 ост	0,424	Сталь оцинкованная, свинец, медь и её сплавы	Для паяния деталей неответственного назначения, а также при ремонте оборудования

Таблица 3.

Марка припоя или латуни	Латунные припой.					Химический состав в %		Примесей не более, %	Температура плавления, °С
	<i>Cu</i>	<i>Sn</i>	<i>Si</i>	<i>Zn</i>					
	1	2	3	4	5	6	7		
ЛОК-59-1-03	58-60	0,7-	0,2-	Ост.	0,1	0,15	985		
ЛОК 62-06-04	60-68	1,1	0,4	-//-	0,1	0,2	905		
Лат. Л 62	61-63	0,5-	0,3-		0,1	0,2	905		
Лат. Л 68	67-70	0,7	0,4		0,03	0,1	938		

В наиболее ответственных случаях для соединения деталей применяется серебряный припой ПСр-45. Этот припой ковок, вязок и жидкотекуч устойчив против коррозии, шов выдерживает удар и вибрацию. Припой ПСр-65 также обладает высокой прочностью и хорошей стойкостью при многократных перегибах и вибрациях, но дорог. Для менее ответственных соединений применяются более дешевые припои ПСр-25 или ПСрК-20-5. Припой ПСр-70 применяется преимущественно для спаивания токонесущих частей, когда место спая не должно резко уменьшать электропроводность. Все рассмотренные серебряные припои имеют температуру плавления не ниже 700 °С. Во многих случаях встречается необходимость в твердых припоях с температурой плавления 400-500°С. В таблице 5.4. приведены для примера три таких припоя.

Таблица 4.

Серебряные припои с температурой плавления менее 550 °С

<i>Ag</i>	Химический состав			Температура плавления, °С
	<i>Cu</i>	<i>Sb</i>		
	1	2	3	
50	20	30	435	
60	20	20	480	
70	20	10	520	

Однако, наряду с хорошей жидкотекучестью и высокой статической прочностью эти припои обладают низкой ударной вязкостью, что ограничивает их применение.

Припои могут быть изготовлены в виде прутков (проволоки), тонких листов (фольги) или гранул. Можно применять при паянии кольца или

прокладки из фольги для более равномерного распределения припоя и более экономичного его использования. Размеры проволоки в зависимости от площади спая берутся обычно от 0,4 до 1,5 мм, а прокладки делаются из фольги толщиной 0,05-0,1 мм.

Виды паяния

По технологическому процессу пайку подразделяют на капиллярную, диффузионную, контактно-реакционную, реакционно-флюсовую и пайку-сварку.

При **капиллярной пайке** (рис. 1,а) припой заполняет зазор между соединяемыми поверхностями и удерживается в нем за счет капиллярных сил. Такая пайка возможна, когда применяется соединение деталей с перекрытием.

Диффузионная пайка выполняется при длительной выдержке с целью упрочнения соединения за счет диффузии компонентов припоя и основного металла. Этот вид пайки характерен для металлов, образующих твердые растворы с припоем.

При **контактно - реакционной** пайке между соединяемыми металлами (или прослойкой другого металла) в результате контактного плавления образуется сплав, который заполняет зазор и при кристаллизации образует паяное соединение (рис. 5.1,б). Примером такой пайки могут служить соединения меди с серебром, стали или никеля с палладием.

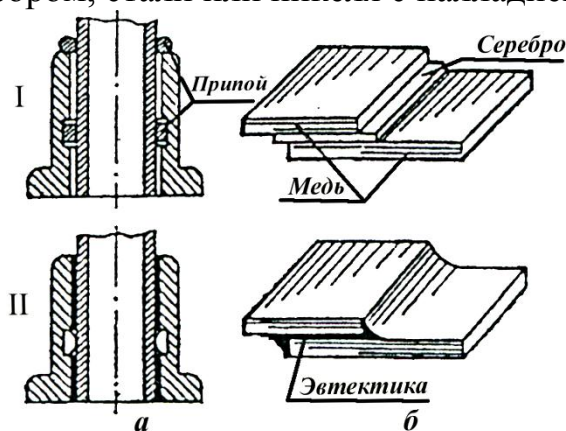
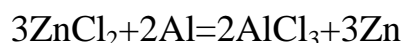


Рис. 1. Схема образования шва:

а - при капиллярной пайке; *б* - при контактно-реакционной пайке; I - перед пайкой; II - после пайки.

Реакционно-флюсовой называют пайку, при которой припой образуется за счет реакции вытеснения между основным металлом и флюсом. Например, при пайке алюминия с флюсом, содержащим большое количество хлористого цинка, при нагревании протекает реакция:



Восстановленный цинк является припоем.

Пайку-сварку можно сравнить со сваркой плавлением, но в качестве присадочного материала применяется припой.

Способы паяния.

Паяние-металлов осуществляется различными способами в зависимости от используемых источников нагрева и оборудования.

Пайка в **печах** обеспечивает равномерный нагрев соединяемых деталей. Используются печи электросопротивления, с индукционным нагревом и газопламенные. В этих печах для предохранения от окисления можно создать специальную газовую атмосферу.

Индукционную пайку выполняют с нагревом токами высокой или промышленной частоты. Необходимое тепло выделяется за счет тока, индуктируемого непосредственно в подлежащих пайке местах.

Пайка **сопротивлением** происходит за счет тепла, выделяемого при прохождении электрического тока через паяемые детали и токопроводящие элементы, и осуществляется с помощью электроконтактных аппаратов.

Пайка **погружением** осуществляется путем нагрева деталей в ваннах с расплавленными припоями. Этот способ широко применяют при изготовлении автомобильных и тракторных радиаторов, твердосплавного инструмента и т.д.

При **газопламенной** пайке местный нагрев деталей и припоев производится за счет тепла, выделяющегося газовым пламенем горелки. Питание газовых горелок горючим газом осуществляется от баллонов, газовой сети или газовых генераторов. В полевых условиях и ремонтных мастерских для пайки можно применять паяльные лампы. Существуют и другие методы, но широкое распространение в различных областях техники и в быту получила пайка паяльником.

Особую группу составляют паяльники специального назначения: ультразвуковые с генератором ультразвуковой частоты (УП-21); с дуговым обогревом; с вибрирующими устройствами и др.

Паяльник представляет собой определенной формы кусок меди, закреплённый на железном стержне с деревянной рукояткой на конце.

Электрические паяльники (рис. 2.) применяют широко, так как они просты по устройству и удобны в обращении. При их работе не образуются вредные газы, и нагреваются быстро – в течение 2...8 мин., что повышает качество пайки. Электрические паяльники бывают (а)- прямыми и (б)- угловыми. Нагрев основного металла и припоя осуществляется за счет тепла, аккумулированного в массе металла паяльника, который предварительно или в процессе пайки подогревается. Паяльники применяют для пайки черных и цветных металлов при температурах ниже 300-250°С.

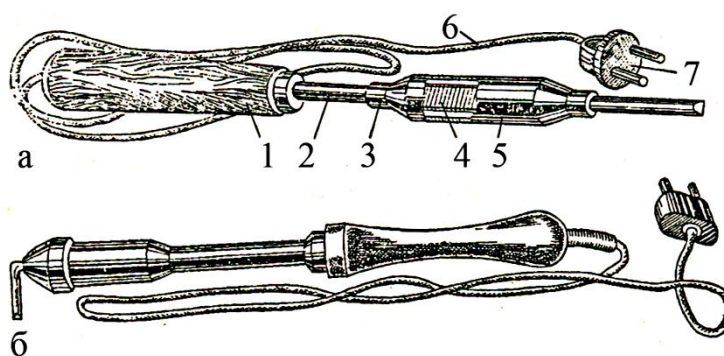


Рис. 2. Электрические паяльники

а – прямой, б – угловой

1 – рукоятка, 2 – стальная трубка, 3 – хомуты, 4 – нагревательный элемент, 5 – накладные боковины, 6 – шнур, 7 – штепсельная вилка.

Паяльники бывают с периодическим нагревом, с непрерывным нагревом, ультразвуковые и абразивные.

В ультразвуковых паяльниках колебание ультразвуковой частоты используется для разрушения окисной пленки на поверхности паяемого металла. Это дает возможность осуществления бес флюсовой низкотемпературной пайки.

Абразивные паяльники применяются для обслуживания алюминия и его сплавов без флюса. Окисная пленка удаляется трением паяльника по обслуживаемой поверхности.

Выбор того или иного метода нагрева зависит в основном от серийности спаиваемых деталей, от их размеров, конструкции и требований, предъявляемых к стыку дотацией в отношении чистоты шва и заполнения зазора припоем.

Во многих случаях наилучшие результаты дает нагрев индукционными токами. Нагрев изделий по этому способу производится посредством специальных катушек-индукторов (рис.3.), соединенных с источником энергии - машинным или ламповым генератором высокой частоты. В зависимости от материала и размеров нагреваемых изделий индукторы делаются одновитковыми или многовитковыми. Отличные результаты получаются при паянии с нагревом токами высокой частоты, т.к. нагрев происходит только в месте паяния и само паяние протекает очень быстро в течение нескольких секунд, что уменьшает окисление спаиваемых изделий.

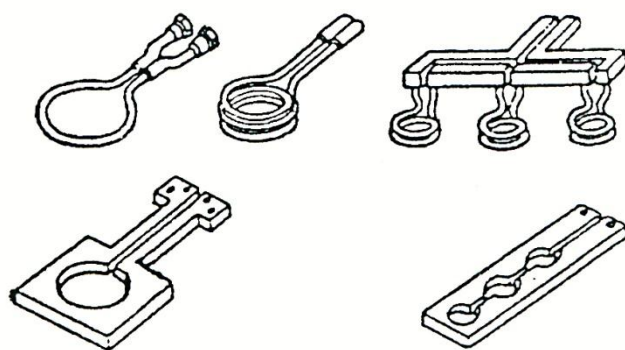


Рис. 3. Типы индукторов, применяемых для высокочастотного нагрева деталей при пайке.

Прочность шва при правильном процессе паяния серебряным припоем зависит от марки самого припоя, от площади и формы поверхности стыка деталей и от зазора между ними. Как и при паянии мягкими припоями, следует избегать вследствие малой прочности соединений деталей встык, как это показано на (рис. 3.,а).

Узел А (рис. 4.,б) представляет плохую конструкцию, т. к. здесь не только само соединение слабо, но и взаимное расположение деталей не фиксировано, что затрудняет паяние. Соединение Б уже несколько лучше, а соединение В обеспечивает максимальную прочность спаиваемых деталей. Наилучшим же следует признать соединение Г, т.к. оно дает возможность локализовать тепло в месте спая. Аналогично этому при спайке трубы с торцевой заглушкой соединения типа Ж и З прочнее и удобнее в работе, чем соединения Д и Е.

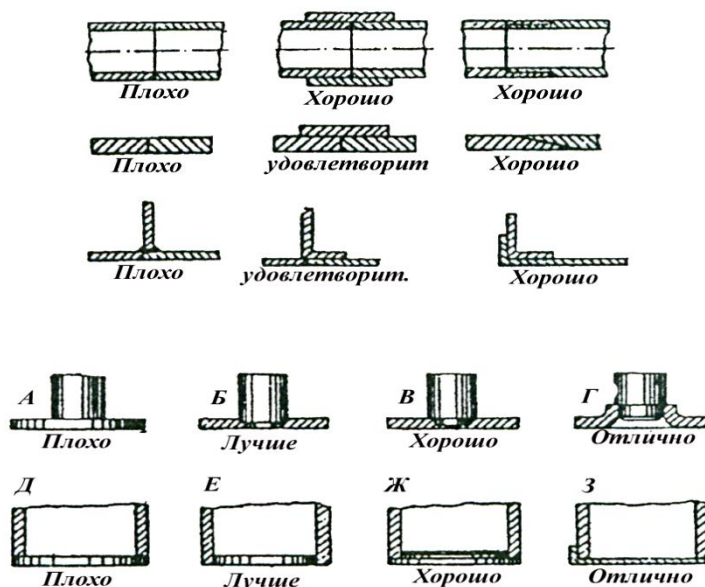


Рис. 4. Примеры соединения деталей паянием.

На рис. 5. показаны различные способы размещения серебряного припоя (проволочного кольца) при соединении двух трубчатых деталей. В случае А припой при нагреве потечет вниз в зазор между трубами. В случае Б после

расплавления припоя и затекания его в зазор между трубами последние сдвигают до плотного соприкосновения внутренних торцов. Иногда припой размещают в кольцевых канавках (случай В), что улучшает качество заполнения зазора припоем.

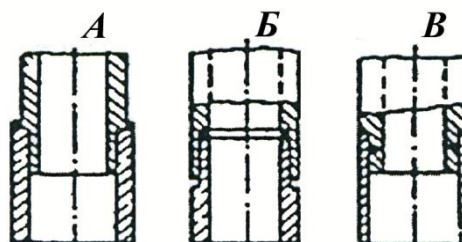


Рис. 5. Способы размещения серебряного припоя при соединении двух трубчатых деталей.

При конструировании паяных соединений из разнородных металлов следует учитывать коэффициенты линейного расширения каждой из соединяемых частей. На рис. 6. дан пример спаивания детали из латунной и стальной частей. Латунь имеет больший коэффициент расширения, чем сталь. Поэтому узел *б* сконструированы правильно, т.к. при остывании деталей после паяния наружная латунная деталь плотно обожмет стальную. А при остывании узла *а* внутренняя латунная деталь, сокращаясь более стальной, стремится ослабить и разорвать шов..

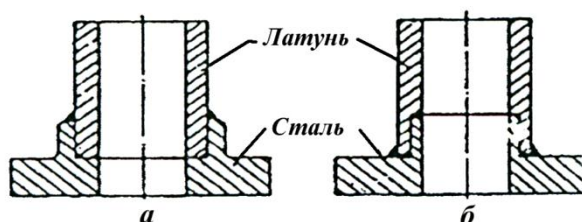


Рис. 6. Соединение паянием двух трубчатых деталей из разнородных металлов.

Технология паяния

Паяние включает комплекс выполняемых операций; подготовка поверхности соединяемых деталей; сборка; пайка; обработка после пайки.

Подготовка поверхности к пайке заключается в тщательной очистке от загрязнений и окисных пленок. Смазку с поверхности удаляют обезжириванием, т.е. погружением их в водные растворы щелочей с последующей промывкой водой и сушкой. Стальные детали обезжиривают 10%-ным раствором едкого натра при 70-80°C. Детали из меди и ее сплавов обезжиривают раствором более сложного состава (например, 50г тринатрийфосфат, 50г кальцинированной соды, 15г жидкого стекла, 1л воды). Для обезжиривания возможно применение ацетона, бензина, трихлорэтилена.

Окисные пленки удаляют механическими или химическими средствами: обрабатывают шлифовальной брагой, кругами инструментом, металлической

щеткой травят в растворах соляной или серной кислоты и т.д. После травления необходима тщательная промывка изделия и сушка.

В некоторых случаях перед пайкой на поверхности детали наносят покрытия из меди, никеля, серебра и др. металлов для улучшения смачивание сплошности, предотвращения взаимодействия основного металла с припоем и т.д.

Перед пайкой детали собирают и фиксируют для устранения возможности их смещения при нагреве. При сборке между кромками наносят флюс и размещают припой,

Пайку выполняют одним из способов в зависимости от технических требований, конструкции и материала паяемой детали, применяемого припоя, наличия оборудования. Большое значение имеет величина зазора между соединяемыми кромками. При его уменьшении улучшается проникновение жидкого припоя за счет действия капиллярных сил и увеличивается прочность соединения. Для серебряных припоев рекомендуется зазор 0,05—0,15 мм, для медных 0,1-0,2 мм.

Очень важен температурный режим пайки. Температура нагрева должна обеспечить хорошее растекание флюса и припоя и не ухудшать свойства исходных материалов. Скорость нагрева определяется теплопроводностью материала. Выдержку пайки определяют экспериментально; необходимо обеспечить заполнение зазора припоем. Режим охлаждения назначается таким, чтобы предупредить появление трещин.

При высокотемпературной пайке (выше 500°С) в условиях ремонтных мастерских для нагрева чаще используют газовые горелки о

Паяльники применяют при низкотемпературной пайке (ниже 400°С). Рабочая кромка паяльника должна быть зашпательна под углом 40-45° и облужена припоем. При пайке паяльник всей рабочей поверхностью касается места соединения, предварительно покрытого флюсом к нагретому месту подводят припой, который плавится и затекает в зазоры'

После пайки необходимо с детали удалить остатки флюса, зачистить наплывы припоя и проверить качество соединения.

4.2. Порядок выполнения работы

1. Убедиться в исправном состоянии паяльника.
2. В зависимости от материала образца выбрать необходимый флюс.
3. Выбрать марку припоя, исходя из материала образца и условий дальнейшей эксплуатации детали.
4. Выбрать обезжиривающий реактив, исходя из материала образца.
5. Приготовить спаиваемые поверхности, очистив их от загрязнений, окисной пленки и обезжирив их.
6. Зафиксировать положение спаиваемых частей детали относительно друг друга. При сборке между кромками нанести флюс.
7. Спаять части детали, используя припой.

8. Дать детали остыть.
9. Проверить прочность пайки.
10. Обработать шов: удалить остатки флюса, зачистить наплывы припоя.
11. После завершения работы выключить паяльник, убедиться, что он остыл и убрать на место.
12. Привести рабочее место в порядок

4.3. Отчет о работе

1. указать цель работы,
2. описать общие сведения о процессе паяния металлов,
3. привести данные по выбору флюса и припоя,
4. порядок выполнения работ
5. схему сборки детали
6. сделать выводы по выполненной работе.

Внимание! При выполнении лабораторной работы следует соблюдать технику безопасности, предполагаемую при проведении работ с применением электрического тока. Предотвратить возможность получения ожогов кислотами, щелочами, термоожогов. При получении ожогов кислотой смыть место ожога обильным количеством воды и обработать слабым раствором щелочи. При получении ожогов щелочью промыть место ожога водой и слабым раствором кислоты. При получении термоожогов обработать место ожога противоожоговой мазью.

Берегите глаза от попадания брызг кислоты и щелочи, защитив их специальными очками.

4.4. Контрольные вопросы

1. Что представляет собой процесс паяния?
2. Что такое флюсы? Назначение, виды флюсов.
3. Что представляют собой припои? Их марки и назначение
4. Какие бывают виды пайки?
5. Методы спаивания и выбор метода.
6. Технология паяния, последовательность операций при паянии.