

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет»

Б.Ф.Тарасенко, А.А.Швецов, Н.Ф.Яковлев

## ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Практикум

Краснодар  
2014

**Р е ц е н з е н т:**

**В. В. Цыбулевский** – кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации имашинно-тракторного парка Кубанского государственного аграрного университета

**Тарасенко Б.Ф.**

**Технология конструкционных материалов: практикум**  
/ Б.Ф. Тарасенко, А.А. Швецов, Н.Ф. Яковлев; Кубан. гос. аграр. ун-т–  
Краснодар, 2014. – 122 с .

Практикум разработан для лабораторно-практических занятий по технологии конструкционных материалов. Предназначен для студентов очного и заочного обучения по направлению подготовки 110800.62 – Агроинженерия, профилям подготовки – 140400 Электроустановки и электротехнологии, 140400.62 – Электроснабжение.

© Тарасенко Б.Ф.,  
Швецов А.А.,  
Яковлев Н.Ф., 2014  
© ФГБОУ ВПО «Кубанский  
государственный аграрный  
университет», 2014

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 ПРЕССОВАНИЕ ПЛАСТМАСС.....	4
2 ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ СВА- РОЧНОЙ ДУГИ.....	13
3 ХАРАКТЕРИСТИКА И МАРКИРОВКА ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ.....	26
4 ПАЙКА МЕТАЛОВ.....	37
5 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАКИ.....	45
6 ИЗУЧЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ГАЗОВОЙ СВАРКИ И КИСЛОРОД- НОЙ РЕЗКИ МЕТАЛЛОВ.....	55
7 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ГАЗОВОЙ СВАРКИ МЕТАЛЛА.....	68
8 ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РУЧНОЙ ФОРМОВКИ ПРИ ЛИТЬЕ	74
9 ИЗУЧЕНИЕ СУЩНОСТИ ПРОЦЕССА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРА- ЦИЙ КОВКИ.....	81
10 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАН- КОВ. КЛАССИФИКАЦИЯ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ.....	90
11 УСТРОЙСТВО, НАЗНАЧЕНИЕ УЗЛОВ ТОКАРНО–ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА И ЕГО КИНЕМАТИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ.....	97
12 ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЮ.....	109
13 ИЗУЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЗЦОВ, ИХ ЗАТА- ЧИВАНИЕ.....	113
14 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ШВОВ.....	125

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящее методическое пособие имеет цель оказать помощь студентам в изучении теоретических положений курса, освоить методики проведения экспериментов, научиться анализировать информацию и делать выводы. В пособие включено 14 указаний к лабораторно–практическим работам.

Для успешной работы на занятиях студенту необходимо:

- 1) предварительно подготовиться к данной работе, изучив теоретический материал по лекциям, учебникам и указаниям настоящего пособия;
- 2) заготовить форму отчета с названием, целью работы, необходимыми схемами и таблицами;
- 3) при выполнении работы ознакомиться с приборами, оборудованием и строго соблюдать правила техники безопасности.

Лабораторная работа засчитывается студенту преподавателем после собеседования по оформленному отчету.

Все отчеты должны быть сброшюрованы, подшиты в одну папку и предъявлены к зачету, экзамену.

Своевременное и глубокое изучение материала будет способствовать успешной сдаче коллоквиумов и экзамена.

# 1 ПРЕССОВАНИЕ ПЛАСТМАСС

## 1.1. Цель работы

Ознакомиться с основными видами пластмасс, освоить методику и технологию переработки их в изделия прессованием.

## 1.2. Задание

1.2.1. Научиться в лаборатории определять вид пластмасс по внешним признакам.

1.2.2. Выполнить эксперименты по изготовлению деталей из термореактивных пластмасс горячим прессованием (рисунок 1.1)

1.2.3. Составить отчет по работе.

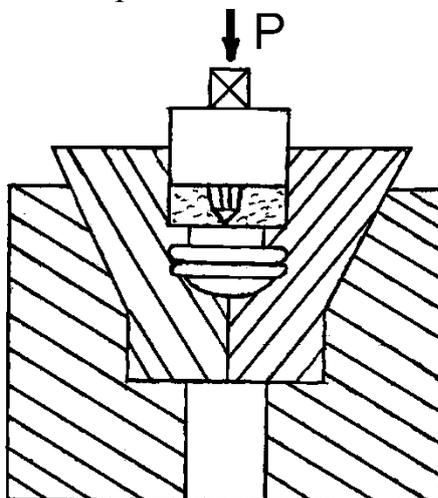


Рисунок 1.1 – прессформа.

## 1.3. Оборудование рабочего места

На рабочем месте по горячему прессованию находится пресс гидравлический, термошкаф, прессформы, прессматериалы, смазочный материал, набор различных смол и пластмасс.

## 1.4. План и методика выполнения работы

1.4.1. Ответить преподавателю на вопросы, характеризующие уровень предварительной подготовки по теоретическому материалу.

1.4.2. Получить набор различных пластмасс, растворители, горелку (спички) для ознакомления и определения вида и названия пластмасс.

1.4.3. Научиться различать пластмассы по характерным признакам, используя данные приложений 1.1 и 1.2. В этом случае студент проверяет плотность пластмассы, опуская в сосуд с водой; воздействует на

пластмассу растворителем; сжигает кусочки пластмассы и наблюдает цвет пламени, характер горения, запах, наличие копоти и т.д.

1.4.4. Ознакомиться с рабочим местом по прессованию реактопластов,

1.4.5. Определить режим прессования детали из реактопласта, используя данные прил. 1.3 и ниже приведенные формулы:

$$P = P_{уд} \cdot F_{д}, \quad (1.1)$$

где  $P$  – усилие пресса в момент прессования, кН;

$P_{уд}$  – удельное давление, необходимое для прессования данного материала, МПа

$F_{д}$  – площадь наибольшего сечения будущей детали, см<sup>2</sup>.

Усилие пресса  $P_{ман}$  контролируется давлением на манометре, которое рассчитывают так:

$$P_{ман} = P/F_{п}, \quad (1.2)$$

где  $P_{ман}$  – давление на манометре, МПа;

$P$  – усилие пресса, кН ;

$F_{п}$  – площадь сечения поршня в гидроцилиндре пресса, см<sup>2</sup>.

Температуру нагрева прессформы устанавливают в термошкафу. Время выдержки определяют по формуле 1.3:

$$t = t_{м} \cdot r \quad (1.3)$$

где  $t$  – общее время выдержки при прессовании, с;

$t_{м}$  – время выдержки на 1 мм толщины или радиуса детали, с/мм;

$r$  – наибольшая толщина или радиус прессуемой детали, мм.

1.4.6. Вынуть разогретую прессформу из термошкафа, смазать стеаратом кальция.

1.4.7. Засыпать пресспорошок в прессформу при помощи мерного ковша, собрать прессформу.

1.4.8. Поставить под пресс, дать необходимое давление  $P_{ман}$  и выдержку  $t$ , т.е. отпрессовать деталь.

1.4.8.1. По истечении времени выдержки  $t$  вынуть прессформу, разобрать. Проверить качество изделия внешним осмотром.

1.4.9. Заполнить технологическую карту (таблица 1.1).

1.4.10. Закончить составление отчета, сдать его преподавателю, защитить.

## 1.5. Справочные данные

Известно на практике много методов определения видов пластмасс, связанных с физическими, химическими, механическими и другими исследованиями. В лаборатории для быстрого распознавания видов пластмасс исполь-

зуют различное их поведение в растворителях, при горении в пламени, а также по внешним признакам, которые сведены в таблицу 1.1. Свойства и основные признаки газонаполненных пластмасс приведены в приложении 1.1–1.3.

Таблица 1.1 – Карта технологического процесса

 <p>Эскиз детали  <math>\varnothing 40</math>  <math>\varnothing 25</math></p>		<p>Наименование детали</p>		<p>Материал.          Наименование прессматериала _____          Марка _____          Вес _____</p>		
№ п/п	Наименование операции	Оборудование	Инструменты и приспособления	Режим прессования		
				T, °C	t, мин	P <sub>ман</sub> , МПа (кг/см <sup>2</sup> )

Физико-механические свойства и пластичность пластмасс в нагретом состоянии обеспечивают сравнительную легкость получения из них готовых изделий. Технология переработки пластмасс различна в зависимости от характера пластмасса, вязкости композиции, скорости отверждения материала, геометрических размеров изделия и т.д.

Существуют следующие методы переработки пластмасс в изделия: горячее прессование, литье под давлением, вакуумное и пневматическое прессование, штамповка, экструзия (выдавливание), формование без давления с применением отвердителей; различные виды сварки изделий из листов, труб, пленок; обработка резанием.

Основными технологическими параметрами, характеризующими процесс получения изделий из пластмасс, являются температура, давление и время. Нагревание пластмасс осуществляется до таких температур, при которых они приобретают необходимую для формования пластичность.

Давление в процессе формования создается для уплотнения разогретого (расплавленного) материала и придания ему необходимой конфигурации. Продолжительность процесса получения изделия включает в себя время

разогрева материала до пластического состояния, время самого процесса формования и время отверждения пластмасс в готовом изделии.

Режимы для прессования различных пластмасс приведены в приложении 1.3.

## 1.6. Содержание отчета

В отчете должны быть цель работы, объяснение экспериментов по определению типа и вида пластмассы; сущность и схема процесса прессования деталей из реактопластов, эскиз детали, формулы и расчеты по определению режима прессования, технологическая карта изготовления детали, заключение о качестве, выводы по работе.

## 1.7. Контрольные вопросы

1.7.1. Роль русских и советских ученых в развитии науки о синтетических полимерных материалах.

1.7.2. Какие задачи намечены «Основными направлениями экономического и социального развития РФ на 2014–2016 годы и на период до 2020 года» в области производства и применения пластмасс?

1.7.3. Какими достоинствами и недостатками обладают синтетические полимерные материалы?

1.7.4. Как можно определить вид пластмассы по внешним признакам?

1.7.5. Охарактеризуйте основные признаки и свойства термореактивных пластмасс.

1.7.6. Объясните сущность основных способов переработки термореактивных полимеров в изделия.

1.7.7. От каких факторов и как зависит качество получаемых изделий из термореактивных пластмасс.

Приложение 1.1

### Свойства и признаки некоторых пластмасс

Название	Свойства					Характерные признаки
	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Прочность $\sigma_b$ , МПа	Твердость НВ, МПа	Пластичность $\delta$ , %	Теплостойкость Т, °С	
Полиэтилен высокого давления	920–930	12–16	4,3–	150–600	–60...+110	Бесцветный, роговидный, жирный на ощупь, горит в пламени с оплавлением и подтеканием полимера, пламя синеватое светящееся,
Полиэтилен низкого давления	940–960	22–45	5,2	200–900	–60...+125	

Название	Свойства					Характерные признаки
	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Прочность $\sigma_B$ , МПа	Твердость НВ, МПа	Пластичность $\delta$ , %	Тепло-стойкость Т, °С	
						запах парафиновой свечи
Полистирол	1100–1200	25–50	1,5–3,0	0,4–35	–40...+90	Прозрачен, бесцветный, горит, пламя яркое сильно коптящее, запах при горении резкий сладковатый, похож на запах гиа-цинтов
Винипласт	1400	40–50	1,0–1,3	10–25	–40...+80	Непрозрачный, горит в пламени, вне пламени горение прекращается, пламя ярко-зеленое, запах резкий, неприятный – хлора и хлористого водорода, жирный на ощупь
Полиметил-метакрилат (орг-стекло)	1200–1300	50–70	1,7–3,6	15–40	–80...+90	Бесцветный, прозрачный, горит. Пламя яркое, короткое с острым запахом. Растворяется в ацетоне, дихлорэтане
фторопласт	2100–2300	25–45	0,5–1,3	–95–250	+95...+220 (+310)	Непрозрачный, светлый, жирный на ощупь, горит в пламени с трудом, по месту горения полимер эластичный, с налетом, копоти, запах прокаленного асбеста, жидкостями не смачивается
Капрон Лавсан	1200 1400	450–600 750–900	4,0–5,0 3,5–6,0	20 202	+90...+250 +40...+150	Светлый, желтый, горит в пламени, пламя желтое, полимер оплавляется и стекает, запах жженых костей. В кислотах и щелочах почти не растворяются
Аминопласт	1400–1800	40–50	6,0–8,0		–40...+150	Бесцветный, в изделиях окрашивается в любые цвета, твердый, не растворяется в обычных растворителях, горит в пламени с трудом, обугливается с белым налетом по краям, запах аммиака и формальдегида.
Эпоксидопласты	13000	60–150	5,0–8,0		–40...+120	Светлый, желтый, коричневый, в изделиях плохо окрашивается в различные цвета, твердый, плохо растворяется в обычных растворителях, горит в пламени с трудом, пламя короткое, светящееся, запах, фенола
Фенопласты. Свойства определяется наполнителей	1400–1900	30–100	1,8–8,0		–40...+250	Непрозрачный, коричневый, не плавится, не горит, плохо растворяется в растворителях. Легко узнается по виду наполнителя волокнит, гетинакс, текстолит, ДСП, ДВП и т.д.

## Свойства газонаполненных полимерных материалов

Материалы	Объёмная масса, кг/м <sup>3</sup>	$\sigma_v$ при сжатии, МПа	Водопоглощение за 1 сутки, %	Теплостойкость T °C	Структура	Горючесть
Пенополивинилхлориды	100–220	0,5–1,5	0,2–0,3	60	Равномерно замкнутая, пористая	Не горит при вынесении из пламени
Пенополистиролы ПС-1, ПС-4	50–220	0,2–3,0	0,3	60	То же	Горит
Пенофенопласты	190–230	1,0	0,3	120–150	То же	Не горит при вынесении из пламени
Пенополиуретаны	40–60	0,3–3,0	0,5–1,0	100–130	Закрытая, пористая	То же
Пеноэпоксидопласты	100–120	0,8–3,0	–	100–160	Замкнутая	Горит

## Режимы горячего прессования пластмасс

Пластмасса	Удельное давление $P_{уд}$ , МПа	Температура формования, $T^{\circ}C$	Время выдержки, $t_m$ , мин	Усадка при формовании, %
<b>Фенопласты с порошковыми наполнителями:</b>				
Новолачные и др. 01–040–02	15,0–45,0	170–200	0,05–0,7	0,4–0,8
Резольные и др. 32–330–02	15,0–40,0	180–200	0,1–0,7	0,4–0,8
На фенолоанилиноформальдегидных смолах:				
СП1–342, СП 3–342–02 и др.	15,0–40,0	180–200	1,2–1,6	0,4–0,9
На резольных фенолоформальдегидных смолах, модифицированных полиамидами К–114–35 и др.	30,0–40,0	155–165	1,2–1,6	0,4–0,7
На новолачных фенолформальдегидных смолах, модифицированных поливинилхлоридом: фенолиты Вх1–090–34 и др.	30,0–50,0	150–170	0,35–0,47	0,4–0,8
<b>Прессматериалы на кремниеворганических смолах:</b>				
КМК–9 (асбест, кварцевая мука и др.)	30,0–35,0	150–160	1–1,5	1,5
КМК–218, КМК–218л, КПЖ–9 (асбест и др. добавки)	30,0	160±5	1–1,5	1,0
КФ–9 (кремниеворганическая смола, модифицированная фторопластом–4 с наполнителями)	30,0	160–165	1–1,5	0,8–1,2
<b>Пресс-поршки на мочевино- и меламиноформальдегидных смолах:</b>				
Аминопласт А1, А2	30,0±5,0	135–150	1–1,5	0,7
Мелалит (аминопласт Б)	40,0±5,0	160±5	1,0	0,8
Аминопласт Г	50,0±5,0	170±10	2,0	–
Аминопласт Д и Е	30,0–50,0	150±5	1–2	0,4–0,7
<b>Термопластические прессматериалы:</b>				
Полиакриловые пресс-поршки Л–1	15,0	130–140	1,5–2	0,1–0,6
Нитроцеллюлозный этрон	20,0±5,0	125±5	1,5–2	–
Фторопласт–3	20,0–30,0	230–280	2,5–3,5	–
Фторопласт–4 ОП	30,0–50,0	270–290	–	–
Фторопласт 42П и 42В	20,0–30,0	220–230	–	–
<b>Пресс-крошка:</b>				
Текстолитовая на фенолоформальдегидной смоле	60,0–120	160±5	2	0,2–1,0
Древесная на резольной фенолформальдегидной смоле (ДПК)	40,0–60,0	140–150	1,5–3	–
<b>Волокниты:</b>				
Волокнит на хлопковой целлюлозе и фенолформальдегидных смолах:				
Тормозной асбоволокнит К–6	30,0–60,0	165–180	0,3–0,5	0,3–0,6
Фрикционные пресс материалы К–Ф–3, К–Ф–3М, К–Ф–3Г	45,0±5,0	175±5	1,5	0,1–0,2
Стекловолокнит АГ–4В	45,0±50	185±5	1–1,5	0,3–0,6

Пластмасса	Удельное давление $P_{уд}$ , МПа	Температура формования, $T^{\circ}C$	Время выдержки, $t_{в}$ , мин	Усадка при формовании, %
Стекловолокнит ДСВ	35,0+5,0	155+5	1,5–2,0	–
Стекловолокнит ГСП	15,0–30,0	140–180	1,5–2,0	–
Стекловолокнит ДВПМ–1П	35,0+5,0	155±5	2–3	
Стекловолокнит на кремниеворганической смоле	35,0	190±10	3–7	0,13–0,22
<b>Пресс материалы со слоистым наполнителем:</b>				
Хлопчатобумажная ткань и бумага, пропитанные резольными смолами (текстолит, гетинакс, декоративный пластик)	8,0–12,0	140–170	5	–
Стеклоткани, пропитанные резольными смолами (стеклотекстиль)	2,0–5,0	160–180	4–5	–
Древесный шпон, пропитанный резольными фенолоформальдегидными смолами (древеснослоистый пластик ДСП)	10,0–15,0	140–170	4–6	–

## **2 ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ СВАРОЧНОЙ ДУГИ**

### **2.1. Цель работы**

Изучить сущность и основные способы дуговой сварки; сущность, строение и статическую характеристику дуги; требования, предъявляемые к источникам питания сварочной дуги; устройство и принцип работы сварочных трансформаторов, генераторов и выпрямителя.

### **2.2. Задание**

2.2.1. Изучить по учебникам сущность, способы дуговой сварки, физическую сущность, строение и статическую характеристику дуги.

2.2.2. Уяснить каким требованиям должны удовлетворять источники питания сварочной дуги.

2.2.3. Ознакомиться в лаборатории с устройством и регулировкой сварочных трансформаторов, научиться рисовать их электрические схемы.

2.2.4. Определить режим работы, при котором трансформатор работает не перегреваясь.

2.2.5. Ознакомиться в лаборатории с устройством и регулировкой сварочных преобразователей и генераторов постоянного тока. Научиться рисовать их электрические схемы.

2.2.6. Ознакомиться с приспособлениями для сварки.

2.2.7. Изучить по приложениям 2.1 – 2.4 технические характеристики различных источников питания сварочной дуги.

2.2.8. Составить отчет.

### **2.3. Оборудование рабочего места**

Демонстрационные сварочные трансформаторы: СТШ–250, СТН–450, ТС–300, преобразователь ПСО–300, ПС–500; плакаты с электрическими схемами, действующие посты с трансформаторами ТС–500, оборудованные амперметрами, вольтметрами, электросчетчиками и приспособлениями для сварки.

## 2.4. План выполнения работы

2.4.1. Дома предварительно изучить теоретическую часть по конспектам и учебникам. Подготовить отчет с электрическими схемами устройств и таблицей 1.1.

2.4.2. Ознакомиться на рабочих местах с конструкциями, с устройством, маркировкой источников сварочного тока, с принципом их работы, с регулировкой и за счет чего получается крутопадающая характеристика. Обозначить на электрических схемах трансформаторов и генераторов марки и позиции.

2.4.3. Ознакомиться с требованиями безопасности на каждом посту у учебного мастера. Включить источник переменного (постоянного) сварочного тока в сеть, проверить напряжение холостого хода, при заданной дуге зафиксировать напряжение дуги и ток сварки, проверить регулировку. Данные занести в таблице 2.1. По ним построить вольтамперные характеристики источников и дуги.

2.4.4. По заданию преподавателя рассчитать режим работы источника и сделать вывод.

## 2.5. Справочные данные

Сваркой называется процесс получения неразъемных соединений металлических изделий за счет межатомных сил и межмолекулярных сил сцепления. Для этого путем нагрева сближают атомы соединяемых металлов на расстояние  $a = 0,2...0,9$  нм параметра элементарной кристаллической решетки. Если нагрев осуществляют при помощи электрической дуги, то такая сварка называется дуговой.

Дуговая сварка (рис. 2.1) впервые была применена в России в 1882 году изобретателем Н.Н. Бенардосом, который использовал дугу, открытую В.В. Петровым в 1802 году. Для сварки использовался угольный или графитовый электрод и постоянный ток прямой полярности: (–) на электроде, (+) на детали. Присадочный материал и флюс в сварочную цепь не включены, поэтому дуга оказывала прямое действие на основной металл и косвенное – на присадочный. В 1888 году Н.Г. Славянов предложил способ дуговой сварки металлическим электродом.

**Сварочная дуга** – мощный электрический разряд в газах между проводниками, сопровождающийся выделением значительного количества тепла и света (рисунок 2.2 а).

Для питания сварочной дуги применяют специальные источники тока. На рисунках 2.4, 2.6, 2.7 показаны схемы однопостовых трансформаторов, генераторов и выпрямителя для ручной дуговой сварки с описанием устройства и принципом работы.

Источники сварочного тока должны отвечать следующим требованиям:

1. Быть безопасными, т.е. иметь небольшое напряжение холостого хода ( $U_{xx}$ ), но достаточное для легкого зажигания дуги  $-U_d = 30...35В$  для источников постоянного тока,  $U_d = 50...55 В$  для переменного тока. Обычно  $U_{xx} = (2...3) \cdot U_d$  или  $U_{xx} = 60...80В$ , а отсюда  $U_d = U_{xx}/2...3$ .

2. Иметь крутопадающую внешнюю характеристику, когда напряжение уменьшается с увеличением сварочного тока (рис. 2.2.г).

3. Обеспечивать устойчивое горение дуги, т.е. создавать хорошие динамические свойства дуги чтобы за 0,05 секунды восстановить напряжение от короткого замыкания ( $U=0$ ) до значения  $U_d = 18-20 В$ , точка 2 на рисунке 2.8 обычно  $1,2 \leq I_{кз}/I_{св} \leq 2$ .

4. Обеспечивать регулировку сварочного тока в широком диапазоне значений.

Режим работы сварочного оборудования оценивается продолжительностью включения ПВ % и продолжительностью нагрузки ПН % для всех значений, указанных в паспорте сварочного оборудования.

ПВ % определяется как:

$$ПВ = \frac{N}{N+P} 100,$$

где  $N$  – время работы сварочного оборудования под нагрузкой, мин;

$P$  – время паузы, мин.

При оценке ПВ % во время паузы сварочное оборудование отключается от сети.

ПН % определяется как:

$$ПН = \frac{N}{N+T} 100,$$

где  $T$  – время работы сварочного оборудования на холостом ходу, мин.

При оценке ПН во время холостого хода сварочное оборудование не отключается от питающей сети.

Рекомендуемый цикл нагрузки сварочного оборудования рассчитывается на номинальную относительную продолжительность нагрузки (ПН) при заданном полном времени цикла сварки (например, 5 или 10 мин). При но-

минальной нагрузке, указанной в паспорте, сварочное оборудование не должно перегреваться при указанном в паспорте ПН, например, при ПН 60 % и заданном полном времени цикла 10 мин сварочное оборудование должно находиться под нагрузкой 6 мин, в режиме холостого хода – 4 мин.

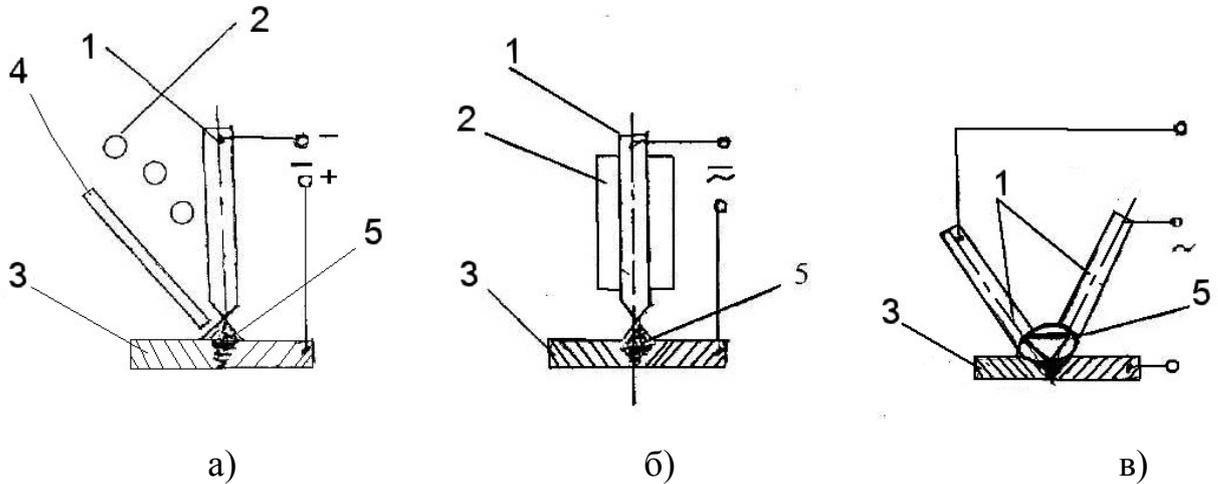


Рисунок 2.1 – Схемы основных видов дуговой сварки

а – по способу Н.Н. Бенардоса (неплавящимся электродом); б – по способу Н.Г. Славянова (плавящимся электродом в обмазке); в – комбинированная сварка трехфазной дугой, применяется для автоматической сварки; 1 – электрод, 2 – флюс, 3 – свариваемые детали, 4 – присадочный материал; 5 – дуга

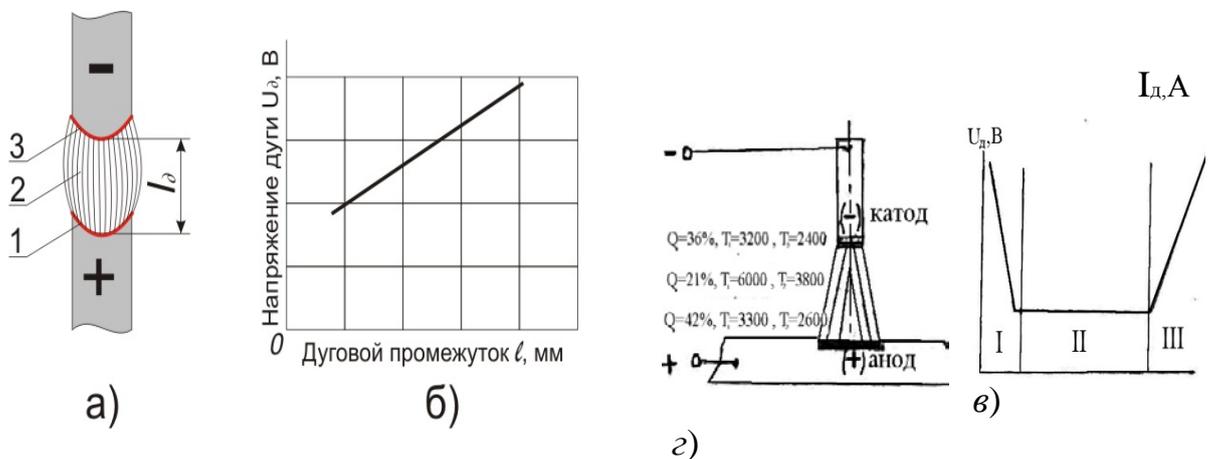


Рисунок 2.2 – Устройство и характеристики электрической дуги:

а – схема дуги; б – зависимость напряжения дуги ( $U_d$ ) от величины дугового промежутка ( $l_d$ ).

1 – анодная область, 2 – столб дуги, 3 – катодная область, в – сварочная дуга, горящая между неплавящимися электродами и ее тепловые характеристики:

$Q$  – количество тепла;  $T_1$  – температура при угольных электродах;  $T_2$  – температура при металлических электродах, г – вольт-амперная характеристика (ВАХ) сварочной дуги:

I – падающая, II – пологая (жесткая), III – возрастающая характеристики дуги

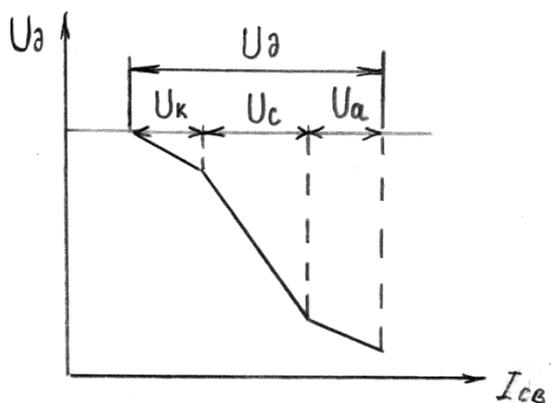


Рисунок 2.3 – Статическая характеристика сварочной дуги

$$U_d = f(I_{св})$$

где  $U_d$  – напряжение на дуге, В;  
 $U_k$  – падение напряжения на катоде;  
 $U_c$  – падение напряжения в столбе дуги;  
 $U_a$  – падение напряжения на аноде;  
 $I_{св}$  – ток дуги (сварки), А;

$$U_d = U_k + U_c + U_a.$$

### Сварочные трансформаторы (Рисунок 2.4).

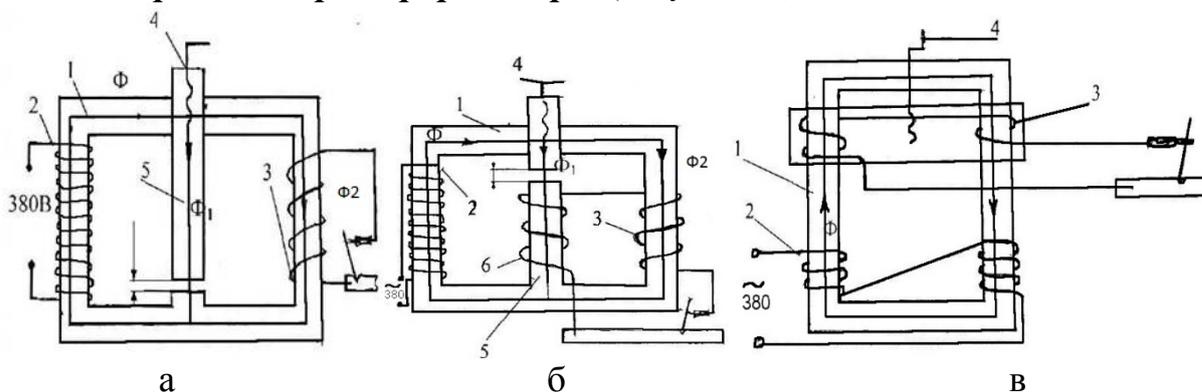


Рисунок 2.4 – Схемы однопостовых трансформаторов:  
 а – с магнитным шунтом (марка СТШ–250);  
 б – со встроенной реактивной обмоткой (марка СТН –300);  
 в – с подвижной вторичной обмоткой (марка ТС–300, 500)

Трансформаторы содержат: пластинчатый стальной сердечник 1, первичную обмотку (изолированный провод малого сечения) 2, вторичную обмотку (изолированный провод большого сечения) 3, винтовой механизм перемещения 4, магнитный шунт 5, реактивную обмотку (аналогична вторичной, но намотана навстречу) 6.

Принцип работы трансформаторов следующий. При подаче переменного напряжения сети на первичную обмотку 2 в сердечнике 1 создается переменный магнитный поток  $\Phi$ , который пересекая витки вторичной обмотки 3 наводит в ней электродвижущую силу (Э.Д.С.) используемую для сварки.

Магнитный шунт 5 (трансформаторы СТШ и СТН) делит поток  $\Phi$  на  $\Phi_1$  протекающий в нем и  $\Phi_2$ , протекающий через вторичную обмотку.

В СТШ при увеличении воздушного зазора (сопротивления потоку  $\Phi_1$ ) винтовым механизмом перемещения 4 поток  $\Phi_1$  уменьшается, тогда увеличиваются  $\Phi_2$  и вместе с ним ток сварки. В СТН поток  $\Phi$  также делится

магнитным шунтом 5 на потоки  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$ , регулируемые величиной воздушного зазора. Чем больше зазор тем меньше  $\Phi_1$ , тем меньше ток в реактивной обмотке 6, тем больше  $\Phi_2$  и сварочный ток. Такой способ регулировки необходим для обеспечения нелинейности при регулировке сварочного тока.

В трансформаторе ТС регулировка осуществляется за счет взаимодействия сил электромагнитного сцепления неподвижных и подвижных обмоток (катушек). При наибольшем удалении взаимодействие слабое, поэтому ток сварки минимальный.

### ***Сварочные генераторы и преобразователи.***

Сварочные генераторы и преобразователи представляют собой электрические машины, приводимые во вращение бензиновым (дизельным) или электрическим двигателем и собранных, как правило, на одном валу: рисунок 2.5



Рисунок 2.5 – Структурная схема сварочного преобразователя

Принцип работы генераторов (преобразователей) следующий (Рисунок 2.6а,б): при запитке независимой обмотки возбуждения (НО) от аккумулятора между башмаками 4 создается магнитный поток, имеющий направление от N к S. При вращении рамок, образующих якорь 1, в них наводится электродвижущая сила, снимаемая щетками 2 и используемая для питания дуги. С увеличением тока сварки, на размагничивающей обмотке (РО) увеличивается размагничивающий поток  $\Phi_p$ , направленный навстречу потоку  $\Phi_n$ , благодаря чему генератор имеет крутопадающую характеристику.

Генераторы содержат: 1 – якорь, 2 – щетки, 3 – статор, 4 – полюсные башмаки.



тов, которые проводят ток только в одном направлении. Выпрямительные сварочные установки имеют высокие динамические свойства вследствие незначительной электромагнитной инерции. Ток и напряжение при переходных процессах изменяются практически мгновенно: Отсутствие вращающихся частей делают установки более прочными и надежными в эксплуатации, чем генераторы постоянного тока.

**Внешние (вольтамперные) характеристики источников питания дуги** (Рисунок 2.8)

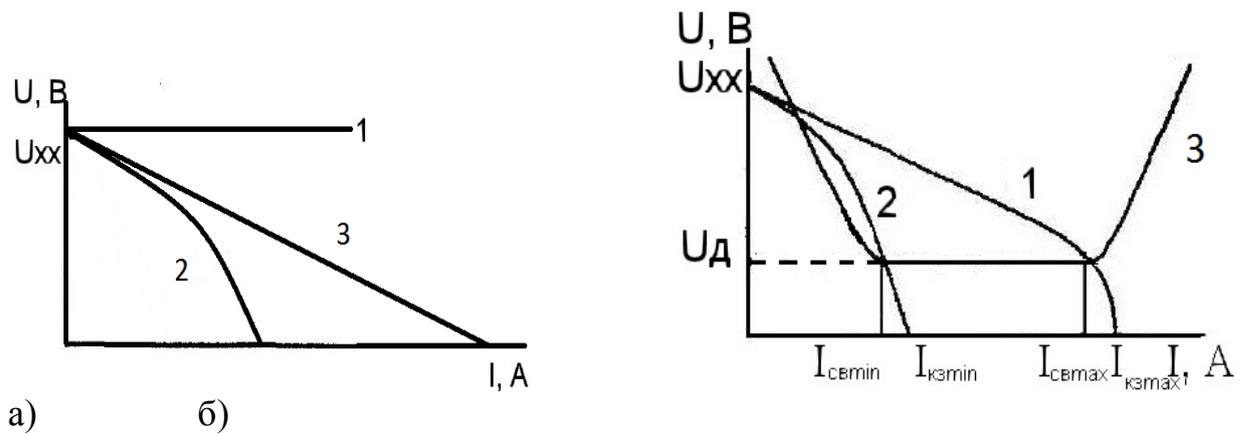


Рисунок 2.8 – Внешние (вольтамперные) характеристики источников питания дуги:

- а – различных источников тока: 1 – жесткая, 2 – крутопадающая, 3 – полого–падающая;
- б – для регулирования сварочного тока; 1,2 – предельные крутопадающие характеристики источника, 3 – вольтамперная характеристика дуги

### **Сварочные инверторы.**

Сварочные инверторы позволили совершить качественный скачок в электросварке. При прочих равных характеристиках, вес сварочного инвертора на порядок меньше, чем у любого другого сварочного аппарата, а это заметно повышает производительность сварки. Сварочные инверторы – это самые современные сварочные аппараты, которые в настоящее время почти полностью вытесняют на второй план классические сварочные трансформаторы и выпрямители.

Структурная схема принцип действия сварочного инвертора приведены на рисунке 2.9:

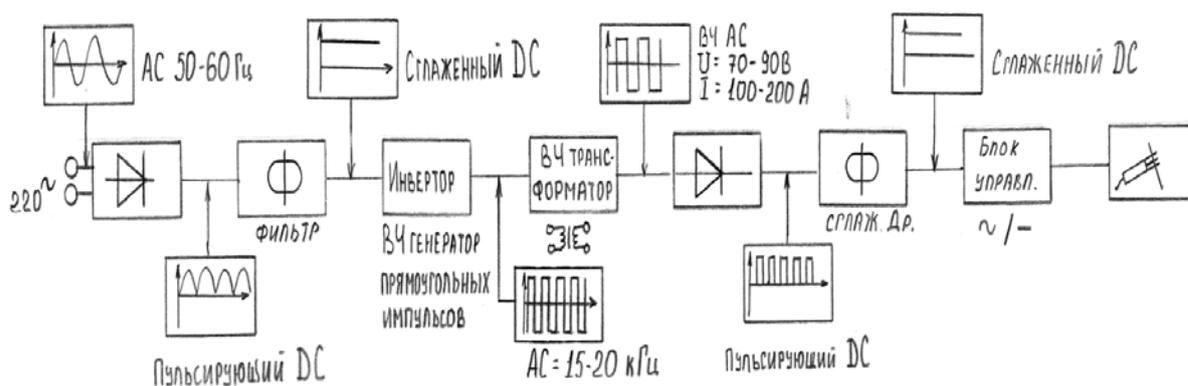


Рисунок 2.9 – Структурная схема сварочного инвертора

Переменный ток от потребительской сети, частотой 50 Гц, поступает на выпрямитель. Выпрямленный, пульсирующий ток сглаживается фильтром, затем полученный постоянный ток преобразуется инвертором с помощью специальных транзисторов с очень большой частотой коммутаций в переменный, но уже высокой частоты 20–50 кГц. Затем переменное напряжение высокой частоты через высокочастотный трансформатор понижается до 70–90 В, а сила тока соответственно повышается до необходимых для сварки 100–200 А. Высокая частота является основным техническим решением, которое позволяет добиться колоссальных преимуществ сварочного инвертора, если сравнивать с другими источниками питания сварочной дуги.

В инверторном сварочном аппарате сила сварочного тока нужной величины достигается путем преобразования высокочастотных токов, а не путем преобразования ЭДС в катушке индукции как это происходит в трансформаторных аппаратах. Предварительные преобразования электрических токов позволяют использовать трансформатор с очень малыми габаритами. К примеру, чтобы получить в инверторе сварочный ток 160А достаточно трансформатора вес, которого 250 г, а на обычных сварочных аппаратах необходим медный трансформатор с весом 18 кг.

### ***Преимущества и недостатки сварочных инверторов***

Главным достоинством инвертора является минимальный вес. Кроме того возможность применять для сварки электроды как переменного, так и постоянного тока. Что важно при сварке цветных металлов и чугуна. Инверторный сварочный аппарат имеет широкий диапазон регулировки сварочного тока. Это дает возможность для применения аргодуговой сварки неплавящимся электродом.

Помимо этого в каждом инверторе есть функции: «Hotstart» (горячий старт)– когда для поджига электрода подаются максимальная величина тока,

«AntiSticking» – когда при коротком замыкании сварочный ток снижается до минимума, что не позволяет электроду залипать при соприкосновении с деталью, «ArcForce» – когда для предотвращения залипания в момент отрыва капли металла ток возрастает до оптимального значения.

Из недостатков сварочных инверторов можно назвать высокую стоимость (в 2 – 3 раза больше, чем у трансформаторов). Как и любая электроника, инверторы боятся пыли, поэтому производители рекомендуют хотя бы два в год вскрывать аппарат и удалять пыль. Если он работает на стройке или производстве, то чаще, по мере загрязнения. И как любая электроника сварочные инверторы не любят мороза. Так при температуре ниже  $-15^{\circ}\text{C}$  эксплуатация инвертора возможна не во всех случаях, в зависимости от того, какие детали использовал производитель. Поэтому в таких условиях, нужно смотреть на технические характеристики, заявленные заводом-изготовителем. И еще одно, длина каждого из сварочных кабелей при подключении сварочного аппарата не должна превышать 2,5 метра.

## **2.6. Содержание отчета**

В отчете должны быть цель работы, определение сварки, виды сварочной дуги, физическая сущность и свойства дуги, основные требования, предъявляемые к источникам, электрические схемы трансформаторов СТШ – 250, СТН – 300, ТС – 300, генераторов ГСО –300 и выпрямителя ВСС – 300–3, результаты измерения, по которым построили вольтамперные характеристики источников и дуги, расчеты и выводы.

## **2.7. Контрольные вопросы**

2.7.1. Роль русских ученых в открытии и применении сварки металлов электрической дугой.

2.7.2. Сущность процесса сварки электрической дугой.

2.7.3. Требования к источникам питания сварочной дуги.

2.7.4. Объяснить по схемам сущность работы различных источников питания дуги.

2.7.5. Что называют номинальным режимом работы источника тока?

2.7.6. Достоинства, недостатки и назначение конкретного источника сварочного тока.

2.7.7. Какие правила техники безопасности должны соблюдаться при включении в сеть сварочного оборудования и выполнении дуговой сварки?

**Экспериментальная часть:** заполнить таблицу 2.1.

Таблица. 2.1 – Результаты измерений

Источники питания дуги	Марка источника	Диаметр электрода, мм	$U_{xx}$ , В	$U_d$ , В	$I_{св}$ , А	$I_{кз}$ , А
Сварочный трансформатор	ТС –500	3				
		4				
		5				

Приложение 2.1

**Технические характеристики сварочных трансформаторов с увеличенным магнитным рассеиванием**

Тип трансформатора	$U_{сети}$ , В	$U_{xx}$ , В	ПН, %	$I_n$ , А	Пределы регулирования	КПД %	Масса, кг
СТШ–250	380	61	20	250	80–260	73	44
СТШ–2380	380	63	20	300	110–405	88	158
СТШ–500	380	60	60	500	145–650	90	220
СТШ–500–80	380	80	60	500	60–800	92	323
ТС–120	380	68	60	120	50–160	80	90
ТС–300	220	68	60	300	110–385	84	185
ТС–500	380	60	65	500	165–650	85	250
ТСК–300	380	63	65	300	110–385	84	215
ТСК–500	380	60	65	500	165–560	85	280
ТД–500	380	59; 73	60	500	100–560	87	210
ТД–300	220	61; 79	50	300	60–400	86	437
ТСП–2	220	62	50	300	90–300	76	63

**Технические характеристики преобразователей и агрегатов с генераторами с самовозбуждением и размагничивающей последовательной обмоткой**

Тип преобразователя	Сварочный генератор			Двигатель			Агрегат или преобразователь	Масса, кг		
	Тип	U, В	I, А	Тип	N, кВт	n, об/мин			Исполнение	
ПСО-300	Г00-300	30	75-320	АВ-62-4	14	1450	Однокорпусное на колёсах	400		
АСБ-300-2	ГСО-300			ГАЗ-МК	21	1500	Двухмашинное на раме	850		
АСД-300	ГСО-300			5П4-4-8,5	14	1470		980		
САМ-300	ГСО-300м			ПН-100	14,25	1520		800		
САМ-400-1	СГП-3-У			ПН-290	42	1500		1650		
САМ-400-2	СГП-3-У			МАФ-72-4	32	1465		1300		
ПС-500	ГС-500			40	120-600	А-72/4	28	1450	Однокорпусное на колесах	940
ПС-500-2	ГС-500-2					ЯАЗМ-204г	42	1500	Двухмашинное на раме	2500
АСД-3-1	СГП-3-УШ	40	120-600	ЯАЗМ-204г	42	1500	Двухмашинное на раме	2500		
АСДП-500	СГП-3-УШ			ЯАЗМ-204г	42	1500	Двухмашинное на прицепе	5000		

**Сварочные выпрямители с падавшими внешними характеристиками**

Параметр	ВСС–120–4	ВСС–300–3	ВКС–120	ВКС–300	ВКС–500	ВД–101	ВД–306	ВД–502
Выпрямленное напряжение холостого хода, В	57–63	58–65	57–62	58–65	65–68	65–68	70	80
Номинальный сварочный ток при ПН=60%, А	120	300	120	300	500	125	315	500
Номинальное напряжение при нагрузке, В	25	30	25	30	40	25	32,6	40
Предел регулирования сварочного тока, А	15–130	35–330	15–130	30–330	65–550	20–130	45–315	50–500
Потребляемая мощность, кВт	8,6	13,2	5,0	13,2	20	–	21	42
КПД, %	68	66	58	68	75	64	70	69
Коэффициент мощности	0,58	0,60	0,60	0,58	0,74	0,5	–	–
Масса, кг	140	240	175	250	410	168	170	37

**Технические характеристики осцилляторов**

Тип	U <sub>сети</sub> , В	U <sub>хх</sub> , В	W, кВт	Колебательный контур			Масса, кг
				W, кВт	Индукционная катушка, Гн	Емкость конденсатора, мкФ	
ТУ–2	65; 220	3700	0,225	0,097	0,097	0,5	20
ТУ–77		1500	1,00				25
ТУ–177		2500	0,40				20
ОСЦН							
М–2	220	2300	0,40	0,0045	0,005	0,5	35
М–3	40; 220	2600	0,14	0,0045	0,005	0,5	20
ОС–1	40; 65	2500	0,075	0,0025	0,160	1,2	15
ОСПЗ–2М	265	2500	0,130	0,0025	0,160	1,0	15

### 3 ХАРАКТЕРИСТИКА И МАРКИРОВКА ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ

#### 3.1. Цель работы:

Изучить электроды для ручной сварки, ознакомиться с их классификацией и научиться расшифровывать маркировку.

#### 3.2. Оборудование и материалы на рабочем месте:

3.2.1. Паспорта электродов, электроды.

3.2.2. Плакаты.

#### 3.3. План выполнения работы

3.2.3. По методическим указаниям ознакомиться с классификацией электродов (Приложения 3.1 – 3.5), уяснить материалы электродной проволоки и применяемость электродов.

3.2.4. Получить паспорта электродов.

3.2.5. Расшифровать маркировку электродов.

3.2.6. Данные занести в таблицу 3.1.

3.2.7. Составить отчет по работе.

Таблица 3.1 – Технологические характеристики электродов

п/п	Наименование	Обозначение и размерность	№ № опытов				Способ определения
1	Масса заготовки	$G_з, \text{ г}$					Взвесить
2	Длина электрода	$l, \text{ мм}$					Измерить
3	Диаметр электрода с покрытием	$D, \text{ мм}$					Измерить
4	Диаметр электродного стержня	$d, \text{ мм}$					Измерить
5	Толщина покрытия	мм					$0,5(D-d)$
6	Масса электродного стержня	$G_{ст}, \text{ г}$					$(\pi \cdot d^2/4) \cdot \rho \cdot l$ , где $\rho=7,8 \text{ г/см}^3$
7	Масса электрода	$G_э, \text{ г}$					Взвесить
8	Сила сварочного тока	$I_{св}, \text{ А}$					по амперметру
9	Напряжение дуги	$U_д, \text{ В}$					по вольтметру
10	Время горения дуги	$t_0, \text{ ч}$					по часам
11	Длина сварочного шва	$L, \text{ м}$					Измерить
12	Скорость сварки	$V, \text{ м/ч}$					$L/t_0$
13	Масса наплавленной детали	$G_д, \text{ г}$					Взвесить
14	Масса огарка	$G_о, \text{ г}$					Взвесить
16	Масса расплавленного металла	$G_p, \text{ г}$					$G_{ст} - G_о$
17	Потери электродного металла на угар и разбрызгивание	%					$\frac{G_p - G_n}{G_n} \cdot 100$

п/п	Наименование	Обозначение и размерность	№ № опытов				Способ определения
18	Коэффициент расплавления	$K_p(\alpha_p), \frac{z}{A \cdot ч}$					$\frac{G_p}{I_{св} \cdot t_0}$
19	Коэффициент наплавки	$K_n(\alpha_n), \frac{z}{A \cdot ч}$					$\frac{G_n}{I_{св} \cdot t_0}$
20	Коэффициент потерь	$K_{пз}, \%$					$\frac{G_s - G_n}{G_s} \cdot 100$
21	Расход электроэнергии	$W, кВт \cdot ч$					$\frac{U_d \cdot I_{св} \cdot t_0}{1000 \cdot \eta}$
22	Удельный расход электроэнергии	$W_{уд}, \frac{кВт \cdot ч}{кг}$					$\frac{U_d \cdot I_{св} \cdot t_0}{1000 \cdot \eta \cdot G_n}$

### 3.4. Справочные данные

Электродом для дуговой сварки называют металлический или неметаллический стержень, предназначенный для электродуговой сварки и резки металлов.

Плавящиеся электроды служат и присадочным материалом. Стандартом предусмотрено 77 марок сварочной проволоки различного химического состава:

- 1) 6 марок низкоуглеродистой проволоки (Св–08, Св–08А, Св–08ГА, Св–10ГА, Св–10Г2);
- 2) 30 марок легированной проволоки (Св–08ГС, Св–12ГС, Св–08Г2С, Св–10ГН, Св–08ГСМТ, Св–15ГСТЮЦА и др.)
- 3) 41 марка высоколегированной проволоки (Св–12ХИНМФ, Св–12Х13, Св–10Х17Т и др.)

Выпускается проволока следующих диаметров: 0.3; 0.5; 0.8; 1.0; 1.2; 1.4; 1.6; 2.0; 2.5; 3.0 4.0; 5.0; 6.0; 8.0; 10.0; 12 мм.

Стальной покрытый электрод представляет собой стержень, на поверхность которого опрессовкой или окунанием нанесено специальное покрытие. Назначение покрытия следующее:

- 1) защита расплавленного металла сварочной ванны от действия кислорода и азота воздуха;
- 2) стабилизация горения сварочной дуги;
- 3) очистка металла сварочной ванны от вредных примесей;
- 4) легирование металла сварочного шва для улучшения его свойств.

Для ручной сварки применяются обычно электроды диаметром 1,6 – 6,0 мм, покрытия наносятся методом опрессовки. ГОСТ 9466–75 определяет

маркировку покрытия электродов. Она довольно полно охватывает условия применимости электродов, их свойства.

Структура условного обозначения электродов:

$$\frac{[1] - [2] - [3] - [4][5][6]}{E - [7] - [8][9][10]}_{[11],[12]}$$

Каждый прямоугольник обозначает определенную часть маркировки.

[1] – тип электрода. В обозначении типа электрода входит буква Э и число, показывающее минимальное временное сопротивление разрыву металла шва в кгс/мм<sup>2</sup> ( $\times 10$ МПа). Это в случае, если сваривают углеродистые и низколегированные стали.

Если же варят высоколегированные, теплоустойчивые и др. стали, то после буквы Э ставится марка стали, из которой изготавливается электрод. Например, Э–10Х25Н13, Э–10Х25Н13Г2. Электроды для сварки конструкционных сталей приведены в таблице 3.2. Буква А указывает на повышенные пластичность и вязкость металла шва.

[2] – марка электродного покрытия. Буквы и цифры – обозначают аббревиатуру лабораторий, институтов и номеров удачных экспериментов.

[3] – диаметр электрода, проставляется цифрами в мм.

[4] – назначение электродов. По назначению электроды подразделяются:

У – для сварки углеродистых и низкоуглеродистых конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву до 600 МПа.

Л – для сварки легированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву свыше 600 МПа.

Т – для сварки легированных теплоустойчивых сталей,

В – для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами,

Н – для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами.

[5] – толщина покрытия. Электроды подразделяются по толщине покрытия в зависимости от отношения  $D/d$  (где  $D$ – диаметр стержня электрода с покрытием, мм;  $d$ – диаметр стержня электрода, мм):

М – с тонким покрытием  $D/d < 1,20$ ;

С – со средним покрытием  $1,20 < D/d < 1,45$ ;

Д – с толстым покрытием  $1,45 < D/d < 1,80$ ;

Г – с особо толстым покрытием  $D/d > 1,80$ .

[6] – группы электродов. Электроды делятся на группы 1,2,3 по качеству, т.е. по содержанию серы и фосфора от 0,07 % до 0,03 % соответственно, в наплавленном металле.

[7] – группа индексов. Группа индексов определяет характеристики наплавленного металла и металла шва. Сюда входят:

- предел прочности шва в кгс/мм<sup>2</sup> ( $\times 10$ МПа);
- символы 0, 1, 2, обозначающие относительное удлинение шва –  $\delta$  в % (0 –  $\delta$  не регламентировано, 1 –  $\delta$  не менее 16 %, 2 –  $\delta > 16\%$ );
- символы (0), (1), (2), (3), (4), (5), (6), (7), обозначающие морозостойкость  $T_x$  в °С, т.е. ту минимальную температуру (не регламентирована), (+20), (0), (–20), (–30), (–40), (–50), (–60) соответственно, при которой еще сохраняется ударная вязкость не менее 34,3 Дж/см<sup>2</sup>.

Например, Е432 – (5), где 43 – предел прочности шва = 430 МПа;

2 – индекс, определяющий относительное удлинение шва,  $\delta > 16\%$ ;

5 – индекс, указывающий температуру –40°С, при которой ударная вязкость шва равна 34,3 Дж/см<sup>2</sup>;

[8] – вид покрытия электрода. Обозначается буквами А, Б, Ц, Р, Ж, П:

А – кислое покрытие, содержит окислы Fe, Mn, Si, Cr. Металл наплавленного шва отличается повышенной окисленностью, плотностью. Применяется для сварки переменным и постоянным током любой полярности в любом пространственном положении. Можно варить детали с ржавыми кромками и окалиной. Недостатки – большое разбрызгивание и токсичность. Маркируются АНО–2, СМ–5, ОММ–5, АН–1, ОМА–2 и др.

Б – основное покрытие, в составе которого плавиковый шпат, мел, мрамор. При кристаллизации металл шва не образует трещин. Применяется для сварки деталей больших сечений, постоянным током обратной полярности во всех пространственных положениях. Обеспечивает наилучшее качество шва, но сварка затрудняется при наличии влаги, ржавчины, масла, удлинении дуги. Маркируют УОНИ –13/45, УП–1/45, ОЗС–2, ДСК–5 и др.

Ц – целлюлозное покрытие, состоит из пищевой муки, целлюлозы и других газообразующих при сгорании веществ. При сварке дает немного тонкого шлака, мало разбрызгивается. Применяется для сварки сталей малой толщины, на любом токе (переменном или постоянном), во всех пространственных положениях. Маркируют ВСЦ–1, ОЗЦ–1, ЦМ–9, ШЛ–18, ЦНЛ–1 и др.

Р – рутиловое покрытие, состоящее в основном из TiO<sub>2</sub>. Обеспечивает устойчивое горение дуги, хорошее формирование шва, малое разбрызгивание. Применяется для сварки любым током (переменным или постоянным), любой полярности, во всех пространственных положениях. Однако чувствительно к загрязнениям, ржавчине. Маркируют АНО–3, АНО–6, МР–3, МР–4, ОЗС–3 и др.

Ж – при наличии в составе покрытия железного порошка более 20 %. Маркируют 48Ж–1, НЖ–3.

П – прочие виды покрытий. Маркируют НР–70, Ш–16, Ш–1.

При покрытии смешанного вида используют соответствующее двойное

обозначение.

[9] – обозначение допустимых пространственных положений сварки. По допустимым пространственным положениям сварки подразделяются электроды:

1 – для всех положений,

2 – для всех положений, кроме вертикального сверху вниз,

3 – для нижнего, горизонтального на вертикальной плоскости и вертикального снизу вверх,

4 – для нижнего и нижнего в «лодочку».

[10] – обозначение полярности при сварке постоянным током или напряжения холостого хода ( $U_{xx}$ ) источника переменного тока 50 Гц (таблица 3.3).

[11] – обозначение стандарта на электроды (ГОСТ 9466–75).

[12] – обозначение стандарта на типы электродов (ГОСТ 9467–75, ГОСТ 10051–75, ГОСТ 10052–75).

### 3.5. Содержание отчета.

В отчете следует указать цель работы, классификацию электродов, назначение составляющих в электродном покрытии, расшифровку маркировки по его паспорту, заполненную таблицу 3.1.

### 3.6. Контрольные вопросы:

3.6.1. Какие влияния оказывает марка электродной проволоки на химический состав и свойства свариваемого шва.

3.6.2. Какое влияние оказывают различные составляющие на качество шва: стабилизирующие, раскисляющие, газообразные, шлакообразующие, легирующие,

3.6.3. Расшифровать марку электрода.

Приложение 3.1

### Электроды для сварки конструкционных сталей

Тип электрода	Механические свойства электрода при нормальной температуре			
	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение $\delta$ , %	Ударная вязкость, Дж/см <sup>2</sup>	Угол загиба шва, град.
Э–38	380	14	30	60
Э–42	420	18	80	150
Э–46	460	18	80	150
Э–50	500	16	70	120

Тип электрода	Механические свойства электрода при нормальной температуре			
	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение $\delta$ , %	Ударная вязкость, Дж/см <sup>2</sup>	Угол загиба шва, град.
Э-42А	420	22	150	180
Э-46А	460	22	140	180
Э-50А	500	20	130	150
Э-55	550	20	120	150
Э-60	600	18	100	120
Э-70	700	14	60	
Э-85	850	12	50	
Э-100	1000	10	50	
Э-125	1250	8	40	
Э-150	1500	6	40	

## Приложение 3.2

### Обозначение рода и полярности тока

Обозначение	Рекомендуемая полярность источника постоянного тока	Напряжение холостого хода источника переменного тока, В
0	Обратная	–
1	Любая	55 – 60
2	Прямая	
3	Обратная	
4	Любая	70 – 80
5	Прямая	
6	Обратная	
7	Любая	90 – 95
8	Прямая	
9	Обратная	

## Характеристики наплавленного металла

Группа индексов	При нормальной температуре		T <sub>x</sub> , °C
	$\sigma_b$ , МПа	$\delta$ , %	
370 (0)	370	Не регламентирована	Не регламентирована
411 (0)	410	<16	Не регламентирована
412 (1)	410	20	+20
412 (2)	410	22	0
412 (3)	410	24	-20
412 (4)	410	24	-30
412 (5)	410	24	-40
412 (6)	410	24	-50
412 (7)	410	24	-60
431 (0)	430	<16	Не регламентирована
432 (1)	430	20	+20
432 (2)	430	22	0
432 (3)	430	24	-20
432 (4)	430	24	-30
432 (5)	430	24	-40
432 (6)	430	24	-50
432 (7)	430	24	-60
511 (0)	510	<16	Не регламентирована
512 (1)	510	18	+20
512 (2)	510	18	0
512 (3)	510	20	-20
512 (4)	510	20	-30
512 (5)	510	20	-40
512 (6)	510	20	-50
512 (7)	510	20	-60

**Механические свойства наплавленного металла**

Тип электрода	Механические свойства при нормальной температуре $\approx 20^{\circ}\text{C}$					Основное назначение
	Металла шва			Сварочного соединения		
	$\sigma_{\text{в}}$ , МПа	$\delta$ , %	$a_{\text{н}}$ , Дж/см <sup>2</sup>	$\sigma_{\text{в}}$ , МПа	Угол загиба в $^{\circ}$	
Э38 Э42 Э46 Э50	380 420 460 500	14 18 18 16	30 80 80 70	380 420 460 500	60 150 150 120	Для сварки углеродистых и низколегированных сталей $\sigma_{\text{в}} \leq 500$ МПа
Э42А Э46А Э50А	420 460 500	22 22 20	150 140 130	420 460 500	150 180 150	Тоже, но с повышенными требованиями к пластичности
Э55 Э60	550 600	20 18	120 100	550 600	150 120	Для сварки углеродистых и низколегированных сталей $\sigma_{\text{в}} = 500 - 600$ МПа
Э70 Э85 Э100 Э125 Э150	700 850 1000 1250 1500	14 12 10 8 6	60 50 50 40 40	– – – – –	– – – – –	Для сварки легированных конструкционных сталей повышенной прочности $\sigma_{\text{в}} > 600$ МПа

**Характеристика электродов для сварки углеродистых сталей**

Электрод		Применение			Наплавленный металл					
Тип	Марка	Коэффициент наплавки	Пространственное положение	Род тока	$\sigma_{\text{в}}$ , МПа	$\delta$ , %	$\Psi$ , %	$a_{\text{н}}$ , Дж/см <sup>2</sup>		Угол загиба в град.
								+20 <sup>o</sup> С	-40 <sup>o</sup> С	
Э42	ВСП-1	10,0	любое	пост. и перем.	470	25	68	130	–	160
	ОММ-5	7,2	любое	постоянный	480	22	55	100	50	160
	СМ-5	7,2	любое	пост. и перем.	460	25	60	120	80	180
	ЦМ-7	10,6	любое	пост. и перем.	480	22	55	100	40	160
	АНО-1	15,0	любое	пост. и перем.	460	28	60	130	80	180
Э42А	УОНИ-13/45	8,5	–	Постоянный обратной	360	26	65	220	180	180

Электрод		Применение			Наплавленный металл					
Тип	Марка	Коэффициент наплавки	Пространст- венное положение	Род тока	$\sigma_{в}$ , МПа	$\delta$ , %	$\Psi$ , %	$a_n$ , дж/см <sup>2</sup>		Угол загиба в град.
								+20° С	-40° С	
	СМ-11	9,5	–	полярности	360	28	60	220	160	–
	УП-1/45	10,0	любое	–	350	28	66	200	120	180
	УП-2/45	10,0	–	перем. и пост.	380	26	70	240	–	180
	ОЗС-2	8,5	ниж- нее	обр. пол.	380	24	55	180	–	180
Э46	АНО-3	8,5	любое	пост. и перем.	460	25	65	15	10	180
	МР-3	7,3	–	перем. и пост.	480	25	65	15	10	180
			–	обр. пол.						
	ОЗС-4	8,5	–	пост. и перем.	480	23	65	12	8	180
	ОЗС-6	40,5	–	пост. и перем.	480	24	55	12	8	180
	РБУ-4	7,8	–	пост. обр.пол.	490	26	56	14	8	160
	ЗСР-2	10,5	–	пост. и перем.	480	24	60	13	6	150
	РБУ-5	9,0	–	пост. и перем.	380	21	56	14	8	150
	ОЗС-3	15,0	Нижнее	перем. и пост. обр. пол.	400	25	60	12	7	180
	ЭРС-1	14,0	–	пост. и перем.	380	24	68	12	7	150
Э46А	Э- 138/45Н	8,5	любое	пост. обр.пол.	470	22	–	15	3	180
Э50	ВСЦ-3	13– 9,5	Любое –	постоянный	510	21	57	–	–	105
	ВСН-3	9,0	–	пост. обр.пол.	500	16	–	10	3	100
	УОНИ- 13/55	9,0	–	пост. обр.пол.	520	29	62	20	14	165
	ДСР-50	10,0	–	постоянный	520	29	–	20	14	180
	Уп-1/55	10,0	–	обратной	540	25	63	24	–	165
	Уп-2/55	10,0	–	полярности и	520	24	62	15	–	165
	К-5А	9,0	–	переменности	520	24	–	15	–	165
Э50А	Э-38/50Н	9,0	любое	пост. обр.пол.	510	24		15	3	165
	АН-7	968			525	24		15	3	165
Э55	УОНИ- 13/55	9,0	нижнее		570	22	60	16	2	160
Э650	УОНИ- 13/65	9,8	любое		620	21	65	18	–	180
Э70	ЛКЗ-70	9,8	нижнее	Постоянный, обратной	800	17	54	9	5	–
Э85	УОНИ-	10		полярности	900	15	–	9	–	–

Электрод		Применение			Наплавленный металл					
Тип	Марка	Коэффициент наплавки	Пространст- венное положени	Род тока	$\sigma_v$ , МПа	$\delta$ , %	$\Psi$ , %	$a_n$ , дж/см <sup>2</sup>		Угол загиба в град.
								+20° С	-40° С	
Э100 Э125 Э150	13/85 ЦЛ219	9,0	любое		1060	13	48	8	-	-
	НИАТ-3М	10			900	6	-	-	-	-
	НИАТ-31	10			1060	10	-	5	-	-

## 4 ПАЙКА МЕТАЛЛОВ

### 4.1 Цель работы:

Изучить сущность пайки, составы припоев, технологию. (Приложения 4.1, 4.2)

### 4.2 Оборудование и материалы на рабочем месте:

- 4.2.1. Электрические паяльники с подставками,
- 4.2.2. Припой: ПОС–61 и ПОС–40; флюсы; канифоль, паяльная кислота.
- 4.2.3. Медный провод, стальные пластинки.
- 4.2.4. Напильники, наждачные шкурки.
- 4.2.5. Ацетон, бензин, трихлорэтилен.
- 4.2.6. Электроплитка.

### 4.3 План выполнения работы

- 4.3.1. Подготовить медные провода, для чего:
  - а) отрезать нужной длины;
  - б) очистить от лака и других покрытий;
  - в) соединить два конца провода;
  - г) обезжирить поверхность стружки (ацетон, бензин, трихлорэтилен).
- 4.3.2. Разогреть паяльник, предварительно уложив его на подставку, до температуры 250–300°С.
- 4.3.3. Окунуть конец паяльника во флюс (канифоль) и залудить припоем.
- 4.3.4. Разогреть паяльником место пайки и, нанести флюс и припой ПОС–61, спаять провода.
- 4.3.5. Проверить качество паяного соединения.
- 4.3.6. Подготовить к пайке две стальные пластинки:
  - а) очистить от грязи и ржавчины,
  - б) подогнать друг к другу;
  - в) обезжирить ацетоном;
  - г) нанести флюс (паяльная кислота) и облудить пластинки погружением в расплавленный припой.
- 4.3.7. Разогреть паяльник и спаять между собой две пластинки.
- 4.3.8. Проверить качество пайки.
- 4.3.9. Подготовить технологическую карту пайки (таблица 4.1).

### 4.4 Справочные данные

Пайка – один из важных технических процессов соединения металлов и сплавов в твёрдом состоянии благодаря металлической связи, создаваемой припоями, имеющими температуру плавления ниже температуры плавления основного металла или сплава.

Таблица 4.1 – Технологическая карта

№ п/п	Наименование операции	Оборудование и инструменты	Материал детали	Марка припоя	Марка флюса	Температура плавления припоя, $T_{пр}, ^\circ C$	Температура плавления флюса, $T_{фл}, ^\circ C$	Прочность соединения

При пайке основной металл не плавится, а лишь присадочный материал. Этим пайка отличается от сварки. При пайке существенное значение имеют смачиваемость основного металла жидким припоем, их взаимная растворимость и диффузия. По технологическому процессу пайку подразделяют на капиллярную, диффузионную, контактно-реакционную и пайку-сварку.

Физическая сущность пайки заключается в способности припоя смачивать металл соединяемых деталей или образовывать с ним интерметаллические (химические) соединения.

Пайку выполняют при определённой температуре в средах, обеспечивающих хорошее смачивание, в условиях возникновения капиллярных явлений, обеспечивающих проникновение жидкого припоя в зазор между соединяемыми деталями. В процессе охлаждения припой кристаллизуется и в зазоре устанавливается прочная связь.

Преимущества пайки в сравнении со сваркой:

1. Экономичность;
2. Нет существенных изменений химического состава и механических свойств деталей;
3. Остаточные деформации меньше, чем в сварных соединениях, что обеспечивает соблюдение размеров с большей точностью;
4. Можно соединять как однородные, так и разнородные металлы.

В качестве припоев для пайки используют чистые металлы и сплавы. Припои должны отвечать следующим требованиям: иметь температуру плавления ниже температуры плавления паяемых металлов; быть достаточно жидкотекучим при рабочей температуре, хорошо растекаться и смачивать соединяемые поверхности, 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 приложении 4.1 приведены наиболее распространённые в машиностроении припои.

Припои с температурой плавления до 400°C условно называются мягкими припоями. Из них выделяют группу припоев с температурой плавления ниже 100°C, называемых легкоплавкими.

Припои с температурой плавления выше 400°C называют твёрдыми. В них также иногда выделяют группу тугоплавких припоев с температурой плавления выше 1000°C.

Пайку выполняют при помощи недефицитных, недорогих, легкоплавких припоев, обладающих пластичностью, коррозионной стойкостью, достаточной прочностью.

По классам припои разделяются следующим образом:

1. Особолегкоплавкие < 145°C
2. Легкоплавкие от 145°C до 450°C
3. Среднеплавкие от 450°C до 1100°C
4. Высокотплавкие от 1100°C до 1850°C
5. Тугоплавкие > 1850°C

В качестве легкоплавких широко используются ПОС – 61; ПОС – 40; ПОС – 18 (припой оловянно-свинцовый Sn – 61%).

Пайку алюминия выполняют припоем на основе олова и цинка с добавкой алюминия (ПОС-ы не применяют, т.к. свинец резко понижает коррозионную стойкость швов).

Пайку среднеплавкими припоями используют, когда необходима высокая прочность соединения. Припоями является чистая медь, её сплавы с цинком (наиболее широко применяемый), никелем и серебром.

При пайке применяют флюсы, которые в отличие от сварочных флюсов имеют более ограниченные задачи – предохранять соединяемые поверхности от окисления и растворять имеющиеся на них окислы, а также улучшать смачивание поверхностей припоем. Флюсы должны удовлетворять следующим требованиям:

1. Температура плавления и удельный вес должны быть ниже, чем у припоя.
2. Полностью расплавляться и иметь хорошую жидкотекучесть при температуре пайки, но не «уходить» от места пайки.
3. Своевременно и полностью растворять окислы основного металла.
4. Не образовывать соединений с основным металлом и припоем, а также поглощаться ими.
5. Не испаряться и не выгорать при температуре пайки, а продукты его разложения и окислы должны вытесняться припоем, легко удаляться после

пайки и не вызывать коррозии.

Соответственно рабочему диапазону температур пайки, определяемому характером припоев, паяльные флюсы делятся на две основные группы: низкотемпературные, или флюсы для мягкой пайки, и высокотемпературные, или флюсы для твёрдой пайки.

Основные группы флюсов приведены в приложении 4.2.

Для улучшения смачивания и растекания обычно применяется канифоль. Иногда к ней добавляют для улучшения активности анилин (улучшает антикоррозийные свойства), терпентин, салициловую кислоту (аспирин).

В качестве флюсов применяют соляную кислоту, стеарин, хлористый цинк, нашатырь, фосфорную кислоту.

При пайке среднеплавкими и тугоплавкими припоями используют флюсы в составе которых имеется бура, борная кислота, хлористый цинк, фтористый калий и другие галоидные соли щелочных металлов. Например, для пайки нержавеющей стали применяется флюс, состоящий из равных частей буры и борной кислоты, замешанных на водном растворе хлористого цинка.

При пайке серебром применяют флюс из буры, плавикового шпата, фтористого калия или хлористого цинка.

Имеются также самофлюсующиеся припои:

1. Меднофосфористый;
2. Серебряный марки ПСр72ЛМН содержащий 0,4 – 0,6% метил;
3. Соединение меди с марганцем – ВПр содержащий в качестве флюсующих элементов барий, калий и фосфор в количестве 0,1 – 0,3%.

Качество соединения зависит от подготовки поверхности, заключающейся в зачистке и обезжиривании (щелочами, этиловым спиртом), обеспечении необходимого зазора, защите поверхностей предохранительными пастами, способа нагрева.

Способы нагрева – газовые горелки, печи, индукционный, ванны с солями, электроконтактный, кварцевыми лампами и т.д.

#### **4.5 Содержание отчета:**

В отчет включается цель работы, определение пайки, мягких припоев, твердых припоев, технологическая карта пайки, выводы по качеству спаянных деталей.

#### **4.6 Контрольные вопросы**

- 4.6.1. Что такое пайка? Ее отличие от сварки.
- 4.6.2. В чем сущность пайки?
- 4.6.3. Какие группы припоев вы знаете?

- 4.6.4. Каково назначение флюса?  
 4.6.5. В чем заключается подготовка деталей для пайки?  
 4.6.6. Что такое лужение? Его назначение.  
 4.6.7. Для чего после пайки изделие необходимо тщательно вымыть?

## Приложение 4.1

### Припой и их применение

Марка припоя	Химический состав	Температура $T_{пл}, ^\circ\text{C}$	Назначение
НСО	99,99 % Cu	1083	Для пайки ответственных деталей из углеродистых и нержавеющей сталей и никелевых сплавов
ГО	99,95% Cu	1083	
М1	99,90% Cu	1083	
ПМ1–35	36% Cu и 64% Zn	825	Для пайки латуни
ГТМ2–54	45% Cu и 46% Zn	885	Для пайки меди, бронзы, сталей
Л–63	63% Cu и 37% Zn	900	Тоже
ПМФ–7	93% Cu и 7% P	860	Для пайки меди и бронзы
ПСр70	70% Ag, 26% Cu и 4% Zn	755	Для пайки меди и ее сплавов, сталей
ПСр45	45% Ag, 30% Cu и 25% Zn	725	Обладает высокой электропроводностью
ПСр70	10% Ag, 53% Cu и 37% Zn	725	
Силумин	10–13% Si, 0,8% Cu, 0,3% Zn, ост. – Al	578	Для пайки алюминия и его сплавов
П575А	80% Al, 20% Zn	620	
П430М	13–15% Zn, 1% Al, ост. – Mg	600	Для пайки магния и его сплавов
ПОС90	90% Sn и 10% Pb	220	Для пайки деталей подвергаемых гальванопокрытиям (серебрение, золочение)
ПОС61	61% Sn и 39% Pb	185	Для пайки меди и ее сплавов, сталей
ПОСсу4–6	3–4% Sn, 5–6% Sb, ост. – Pb	265	Для лужения меди и железа
ПСр3	97% Pb, 3% Ag	304	Для пайки медных и латунных деталей, работающих при 150 °C
Индиевые №1	80% In, 15% Pb, 5% Ag	156,4	Для покрытий на керамике
№2	50% In, 50% Sn	120	Для пайки стекла

## Основные группы флюсов

Флюс	Компоненты флюса	Содержание, % по массе	Температура плавления флюса, $T_{фл}$ , °С	Назначение флюса
Бура	Тетраборно-кислый натрий	100	800–1150	Для пайки углеродистых сталей, чугунов, меди и ее сплавов медноцинковыми и серебряными припоями.
Борная кислота				
№200	Борная кислота	68–72	850–1150	Для пайки легированных сталей.
	Бура	19–21		
	Фтористый кальций	840		
Паяльная кислота	Хлористый цинк	25	290–350	Для пайки стали, меди и ее сплавов низкотемпературными припоями
	Вода	75		
Паяльная кислота	Хлористый цинк	18	180–320	То же
	Аммоний	6		
	Вода	76		
Паяльная кислота	Хлористый цинк	25	180–320	Для пайки нержавеющей сталей
	Соляная кислота	25		
	Вода	50		
Канифоль	Канифоль	100	150–300	Для пайки меди и ее сплавов
КЕ	Канифоль	25	150–300	То же
	Спирт этиловый	75		
ЛК–2	Канифоль	28	280–300	Для пайки меди и ее 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		
	Хлористый натрий	9–11		
	Хлористый цинк	8–12		

## **5 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКИ**

### **5.1 Цель работы:**

Освоить методику разработки технологического процесса ручной электродуговой сварки, научиться выбирать для конкретных условий режим электросварки, электроды, электросварочное оборудование и принадлежности рабочего места сварщика.

### **5.2 Задание**

5.4.1. Выбрать форму разделки кромок свариваемых деталей и определить площадь сечения сварочного шва.

5.4.2. Выбрать электрод.

5.4.3. Рассчитать режим сварки.

5.4.4. Обосновать технологию выполнения швов (определить количество валиков и порядок их наложения, схему выполнения шва по длине, траекторию движения конца электрода).

5.4.5. Произвести нормирование процесса сварки.

5.4.6. Заполнить карту технологического процесса.

### **5.3 Элементы УИРС**

Научиться пользоваться справочной литературой и ГОСТами, а также составлять и заполнять технологические карты.

### **5.4 Методические указания и план выполнения работы**

Разрабатывают технологический процесс электросварки обычно для вполне конкретных условий, т.е., когда известны марка и химсостав металла свариваемых деталей, вид соединения, толщина свариваемого металла, длина сварного шва, требования к механическим и другим свойствам сварочного шва: прочности, вязкости, пластичности, морозостойкости, положению шва в пространстве, марке, характеристике, имеющегося в цехе сварочного оборудования. Предполагается наличие сварщика требуемой квалификации, рабочего места с комплектом необходимых приспособлений и принадлежностей.

#### **5.4.1. Выбор формы разделки**

5.4.2. Форму разделки кромок свариваемых деталей определяет по ГОСТ 5264–69, вычерчивают её на миллиметровой бумаге и определяют площадь сечения сварочного шва  $F_{сш}$ , по клеточкам или формулам.

#### **5.4.3. Выбор электрода**

Выбор электрода состоит из многих пунктов.

5.4.3.1. Марку электродной проволоки назначают по химсоставу близкой к марке свариваемой стали (приложение 3.5), а тип электрода должен обеспечить прочность наплавленного металла, близкую к прочности заданного материала детали (приложение 3.4).

5.4.3.2. Марку покрытия принимают из таблицы (приложение 3.5).

5.4.3.3. Диаметр электродного стержня  $d$  определяют в зависимости от толщины свариваемой детали  $S$  по формуле или таблицы 5.1.

Таблица 5.1 – Выбор диаметра электрода

$S_{\text{мм}}$	1,5	2	3	4 – 5	6–9	9–12	13–15	16– 20	Более 20
$d$ мм	1,6	2	3	3– 4	4	4 –5	5	5–6	6–8

5.4.3.4. Все последующие индексы маркировки электрода принимают в соответствии с требованиями задания, используя приложение, а затем все элементы характеристик выбранного электрода сводят в одну маркировку, например такую:

$$\frac{\text{Э42 – АНО -3 – 5,0 – УС2}}{411(5) – \text{P15}} \cdot \text{ГОСТ 9466 – 75, ГОСТ 9467 – 75}$$

## 6. Расчет режима сварки

6.1 Сила сварочного тока определяется по формуле

$$J_{\text{св}} = K \cdot d \quad (5.1.)$$

где  $J_{\text{св}}$  – сварочный ток, А,

$K$  – коэффициент плотности тока, А/мм,

$K$  – 40–60 А/мм при сварке углеродистых сталей, причем при сварке тонких листов металла  $S < 1,5 \cdot d$ , а при сварке потолочных и вертикальных швов принимают  $K = 35–40$  А/мм; примем  $K = 40$  А/мм,

$D$  – диаметр стержня электрода, мм.

6.2. Длина дуги определяется из зависимости:

$$l_{\text{д}} = 0,5 \cdot d + 1 \quad (5.2.)$$

где  $l_{\text{д}}$  – длина сварочной дуги, мм.

6.3 Напряжение на дуге ( $U_{\text{д}}$ , В) для сварки постоянным током определяется по формуле:

$$U_{\text{д}} = \alpha + \beta \cdot l_{\text{д}} \quad (5.3.1)$$

где  $\alpha$  – суммарное падение напряжения на концах анода и катода, обычно  $\alpha = (10-12)$  В;  
 Примем  $\alpha = 10$ В  
 $\beta$  – падение напряжения на 1 мм длины дуги, В/мм; при сварке сталей  $\beta = 2-3$  В/мм.  
 Примем  $\beta = 3$  В/мм.

Напряжение на дуге для сварки переменным током определяется по формуле:

$$U_d = U_{xx} / (2...3) \quad (5.3.2)$$

#### 6.4. Обоснование технологии выполнения швов

6.4.1 Количество валиков, накладываемых по сечению сварного шва, определяют по формуле:

$$N = \frac{F_{сш} - F_1}{F_2} + 1 \quad (5.4.)$$

где  $N$  – количество валиков или число проходов, шт;  
 $F_{сш}$  – площадь сечения сварного шва, мм<sup>2</sup>;  
 $F_1$  – площадь сечения первого валика, мм<sup>2</sup>;

$$F_1 = (6...8) \cdot d_1; \text{ где } d_1 = d - 1 \text{ (мм);}$$

$F_2$  – площадь сечения второго и всех последующих валиков, мм<sup>2</sup>;

$$F_2 = (8...10) \cdot d.$$

6.5. Назначают последовательность наложения валиков по сечению и длине шва (см. рисунки 5.1, 5.2 и 5.3)

В зависимости от размеров сечения швы выполняют однопроходными и многослойными (рисунок 5.1.). Однопроходная сварка производительна и экономична, но металл шва недостаточно пластичен вследствие его столбчатой структуры и увеличенной зоны перегрева.

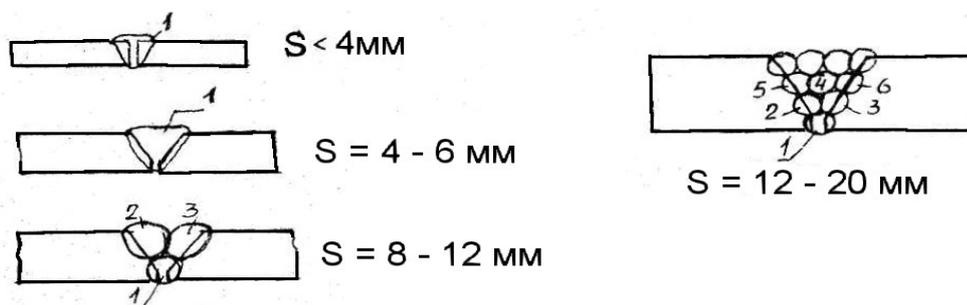


Рисунок 5.1 – Схема наложения швов по сечению

В случае многослойной сварки каждый нижележащий валик проходит термическую обработку при наложении последующих валиков, что позволяет получить измельченную структуру металла шва и соответственно повышенные механические свойства шва и сварочного соединения.

В зависимости от длины различают швы короткие ( $L \leq 300$  мм), средние ( $L = 350-1000$  мм) и длинные ( $L > 1000$  мм).

Короткие швы выполняют непрерывными, средние и длинные – прерывистыми, т.е. отрезками не более 350 мм (рисунок 5.2).

Схему движения конца электрода выбирают такой, чтобы в сварочной ванне хорошо перемешивался расплавленный металл (рисунок 5.3.). Рекомендуется принимать более сложную траекторию при больших сечениях шва и многопроходной сварке.

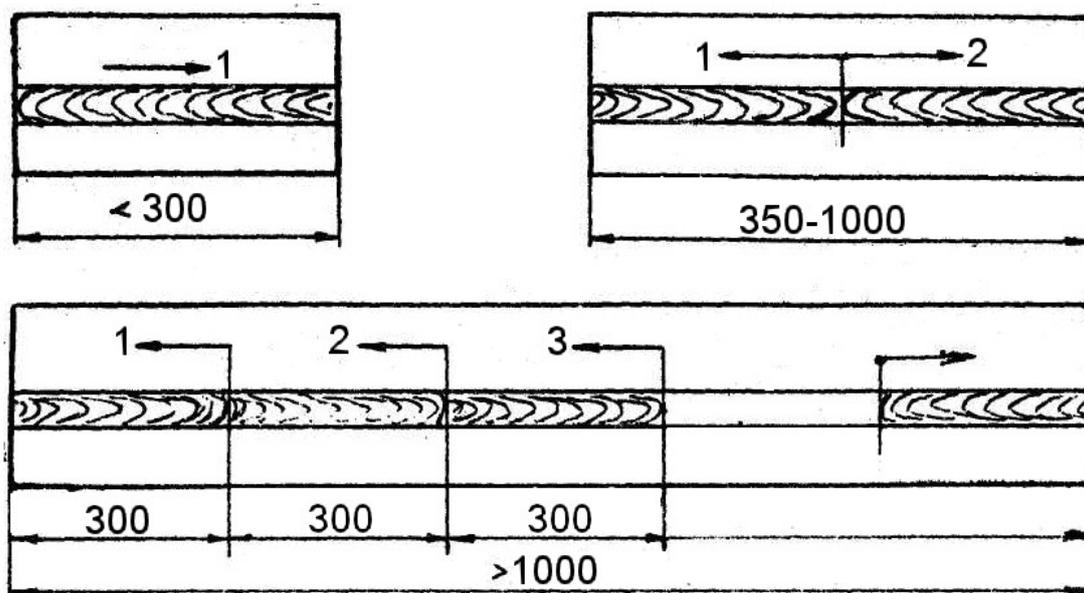


Рисунок 5.2 – Схемы выполнения сварочных швов по длине.

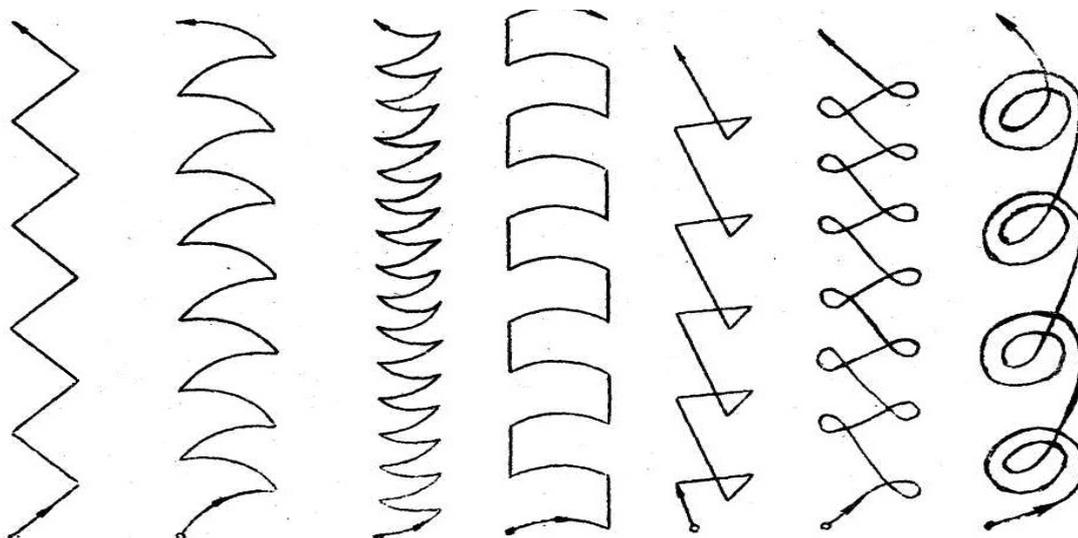


Рисунок 5.3 – Траектория движения конца электрода

## 7. Нормирование процесса сварки

7.1 Масса наплавленного металла определяется по формуле:

$$G_H = F_{сш} L \rho \quad (5.5.)$$

где  $G_H$  – масса наплавленного металла, г;

$F_{сш}$  – площадь сечения сварного шва,  $см^2$ ;  
 $L$  – длина шва,  $см$ ;  
 $\rho$  – плотность металла,  $г/см^3$ .  $\rho = 7,8 г/см^2$

7.2 Норма расхода электродов определяется с учетом потерь на угар, разбрызгивание, остающиеся огарки, массы покрытия:

$$G_э = G_н \cdot (1 + K_{пэ}) \quad (5.6.)$$

где  $G_э$  – масса необходимых электродов,  $кг$ ;  
 $K_{пэ}$  – коэффициент, учитывающий потери электродного материала;  $K_{пэ} = 0,2–0,3$  для электродов стабилизирующих и с тонким покрытием;  $K_{пэ} = 0,4–0,6$  для электродов качественных с толстым покрытием. Примем  $K_{пэ} = 0,4$ .

7.3 Машинное время (время горения дуги) определяется по формуле:

$$t_о = \frac{G_н}{J_{св} \cdot K_н} \quad (5.7.)$$

где  $t_о$  – машинное время сварки,  $ч$ ;  
 $G_н$  – масса наплавленного металла,  $г$ ;  
 $J_{св}$  – сила сварочного тока,  $А$ ;  
 $K_н$  – коэффициент наплавки,  $г/А \cdot ч$ .

Величина коэффициента наплавки зависит от толщины электродного покрытия и может быть взята из таблица 5.2.

Таблица 5.2 – Величина коэффициента наплавки

Характеристика покрытия	$K_н, г/А \cdot ч$
Стабилизирующее, меловое, тонкое (М)	7–8
Среднее (С)	8–10
Толстое (Т, Д)	10–12

7.4 Норма времени для сварки с учетом перерывов и остановок в работе сварочного поста определяется из выражения:

$$t_{св} = \frac{t_о}{K_{исп}} \quad (5.8.)$$

где  $t_{св}$  – общее время процесса сварки,  $ч$ ;  
 $t_о$  – машинное время,  $ч$ ;  
 $K_{исп}$  – коэффициент использования сварочного поста;  
 $K_{исп} = 0,4–0,6$  при ручной дуговой сварке коротких швов, а также в единичном производстве; примем  $K = 0,4$ .

7.5 Скорость сварки определяется по формуле:

$$V_{\text{св}} = \frac{L}{t_0} \quad (5.9.)$$

где  $V_{\text{св}}$  – скорость сварки, м/ч;  
 $L$  – длина шва, м;  
 $t_0$  – время горения дуги, ч.

7.6 Скорость перемещения дуги в каждом проходе рассчитывают так

$$V_g = \frac{L}{t_0} \cdot n \quad (5.10.)$$

где  $V_g$  – скорость перемещения дуги, м/ч;  
 $n$  – число проходов, шт.

7.7. Расход электроэнергии, непосредственно используемой для сварки, определяют по формуле:

$$W_p = \frac{U_d \cdot J_{\text{св}} \cdot t_0}{1000 \cdot \eta} \quad (5.11.)$$

где  $W_p$  – расход электроэнергии, используемой на расплавление металла, Квт ч;  
 $U_d$  – напряжение на дуге, В;  
 $J_{\text{св}}$  – сила сварочного тока, А;  
 $T_0$  – время горения дуги, ч;  
 $\eta$  – коэффициент полезного действия сварочного агрегата;  
 $\eta = 0,75 - 0,90$  для сварочных трансформаторов  
 $\eta = 0,3 - 0,4$  для генератора. Примем  $\eta = 0,4$ .

7.8 Общий расход электроэнергии с учетом потерь на холостой ход и перерывы в работе определяется из выражения:

$$W_{\text{св}} = W_p + N_{\text{хх}} (t_{\text{св}} - t_0) \quad (5.12.)$$

где  $W_{\text{св}}$  – расход электроэнергии на всю сварку, Квт ч;  
 $N_{\text{хх}}$  – мощность источника тока на холостом ходу;  $N_{\text{хх}} = 0,2 - 0,4$  для трансформатора,  
 $N_{\text{хх}} = 2 - 3$  для генератора.

Примем  $N_{\text{хх}} = 2$ .

$t_{\text{св}}$  – норма времени на всю сварку, ч;  
 $t_0$  – время горения дуги (машинное время) ч.

7.9 Удельный расход электроэнергии, затраченный на 1 кг наплавленного металла, определяется так:

$$W_{\text{уд}} = \frac{W_{\text{св}}}{G_{\text{н}}} \quad (5.13)$$



### Пример

Сварить детали \_\_\_\_\_

Сварить дуговой сваркой в положении «в лодочку» детали \_\_\_\_\_ согласно эскизу. Сварить образцы–свидетели. Прихватить детали согласно эскизу. Прихватить  $50 \pm 5/200 \pm 10$  детали. Прихватить  $5^{+1}/25 \pm$  детали.

Прихватить швами   $8^{+15}$ , длиной  $30 \pm 5$  в трёх равноудалённых местах детали. Приварить технологические пластины. Подварить корень шва. Заварить технологические отверстия.

В записях перехода допускается применять сокращения слов и словосочетаний, если при этом исключается возможность различного понимания.



## **6 ИЗУЧЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ГАЗОВОЙ СВАРКИ И КИСЛОРОДНОЙ РЕЗКИ МЕТАЛЛОВ**

### **6.1 Цель работы**

Изучить физическую сущность процесса сварки металлов, устройство оборудования, аппаратуры и принадлежностей для газовой сварки, научиться выбирать необходимый наконечник газовой горелки, ознакомиться с кислородной резкой металлов и резаками.

### **6.2 Задание**

6.2.1. Изучить по учебникам классификацию процессов сварки плавлением, сущность газовой сварки металлов, строение ацетиленокислородного пламени.

6.2.2. Уяснить назначение материалов, необходимых для газосварки – горючего газа, кислорода, присадочного прутка и флюса.

6.2.3. Изучить в лаборатории конструкцию кислородного баллона и кислородного редуктора, регулировку давления.

6.2.4. Ознакомиться с конструкциями ацетиленовых генераторов, водяных затворов и принципом их работы.

6.2.5. Научиться определять номер наконечника газовой горелки, а также зажигать и регулировать ацетиленокислородное пламя.

6.2.6. Освоить методику кислородной резки металлов.

6.2.7. Составить отчет по работе.

### **6.3 Оборудование рабочего места**

Ацетиленовые генераторы ГНВ–1,25, ГВР–1,25, АНВ–1,25–73, АСМ–1,25–3, ГРК–10–68, водяные затворы, горелки ГС–2, ГС–3 с комплектами мундштуков, кислородный и керосиновый резак, редукторы, ключи, присадочная проволока, флюсы, плакаты.

### **6.4 Методические указания и план выполнения работы**

6.4.1. Изучение первых двух пунктов задания осуществляется студентом предварительно с оформлением в отчете необходимых схем, рисунков, ответов на вопросы.

6.4.2. В лаборатории студент самостоятельно изучает конструкцию генераторов, их работу и регулировку; конструкцию предохранительного водяного затвора, редуктора, горелок и кислородных резаков. Осваивает также методику получения ацетилена, зажигания пламени и его регулировку, а также методику кислородной резки металла.

6.4.3. По заданию преподавателя студент делает выбор горелки и номера наконечника для газосварки малоуглеродистой стали, а также выполняет необходимые расчеты по кислородной резки металла.

**Пример 1.** Выбрать горелку, номер наконечника и генератор для сварки внахлестку двух листов из малоуглеродистой стали толщиной 8мм.

**Решение.** Из приложения 6.1 принимаем тип горелки ГС–3 инжекторная, средней мощности, наконечник № 5. Расчет расхода ацетилена горелкой ( $M_r$ ) осуществляется интерполяцией табличных данных. Толщина металла 8мм находится между 7 – 11мм. Пропорция должна составляться только следующим образом:

$$\begin{aligned} 11\text{мм} &- 1100 \text{ л/ч} \quad (7\text{мм} - 660 \text{ л/ч} \text{ будет ошибкой}) \\ 8 \text{ мм} &- M_r \end{aligned}$$

$$M_r = \frac{8 \cdot 1100}{11} = 800 \text{ (л/ч)}$$

Расчет нормы расхода кислорода при сварке нормальным пламенем определится по формуле:

$$M_{\text{кc}} = (1,1 \dots 1,25) \cdot M_r$$

Выбор газогенератора осуществляется по производительности, причем производительность генератора ( $\Pi_r$ ) должна превышать производительность газовой горелки на 15–25%, т.е.

$$\Pi_r \geq (1,15 \dots 1,25) \cdot M_r$$

Из приложения 6.2 выбираем генератор ГНВ – 1,25, так как он обеспечивает рассчитанный расход ацетилена ( $1,25 \text{ м}^3/\text{ч} > 0,8 \text{ м}^3/\text{ч}$ ), необходимое его рабочее –давление ( $0,003 \text{ МПа} > 0,001 \text{ МПа}$ ), а также является наиболее легким и компактным по сравнению с другими ацетиленовыми генераторами.

**Пример 2.** Выбрать резак и мундштуки, а также марку генератора для резки листа из малоуглеродистой стали толщиной 8мм.

**Решение.** Из приложения 6.3 принимаем резак «Пламя–62», наружный мундштук №1, внутренний мундштук № 2. Далее по рабочему давлению ( $0,07 \text{ МПа}$ ) и расходу ацетилена (до  $0,4 \text{ м}^3/\text{ч}$ ), которые будут в выбранных мундштуках, принимаем марку генератора ГРК–10 (см. приложение 6.2)

6.4.4. Записать все расчеты и закончить составление отчёта.

6.4.5. Сдать отчет преподавателю, защитить его, ответить на контрольные вопросы.

## Справочные данные

Аппараты, в которых обычно получают ацетилен, называются генераторами. По принципу взаимодействия карбида кальция с водой различают ацетиленовые генераторы следующих систем (таблица 6.1).

Таблица 6.1 – Системы ацетиленовых генераторов

Система ацетиленового генератора	Выход ацетилена, %
"Карбид в воду"	95
"Вода на карбид"	85–90
"Сухого разложения"	90
"Вытеснения"	95
"Вода на карбид – вытеснение"	95

Производительность современных стационарных генераторов достигает  $1000 \text{ м}^3/\text{ч}$ . ацетилена, а коэффициент полезного использования  $0,85\text{--}0,98$ . Различают генераторы низкого (до  $0,01 \text{ МПа}$ ), среднего ( $0,1\text{--}0,15 \text{ МПа}$ ) и высокого (более  $0,15 \text{ МПа}$ ) давления. Основные технологические данные ацетиленовых генераторов, применяемых в промышленности, приведены в приложении 6.2

Для интенсификации процесса горения ацетилена необходим кислород. Его получают из воздуха или электролизом воды. Кислород поставляется и хранится в баллонах емкостью 40 литров при давлении  $15 \text{ МПа}$ .

Ацетилен поступает из генератора через водяной затвор по шлангам низкого давления в горелку (Рисунок 6.1.), а кислород поступает в горелку из баллона через редуктор и шланги высокого давления. Эти газы смешиваются в необходимой пропорции и при выходе из горелки сгорают.

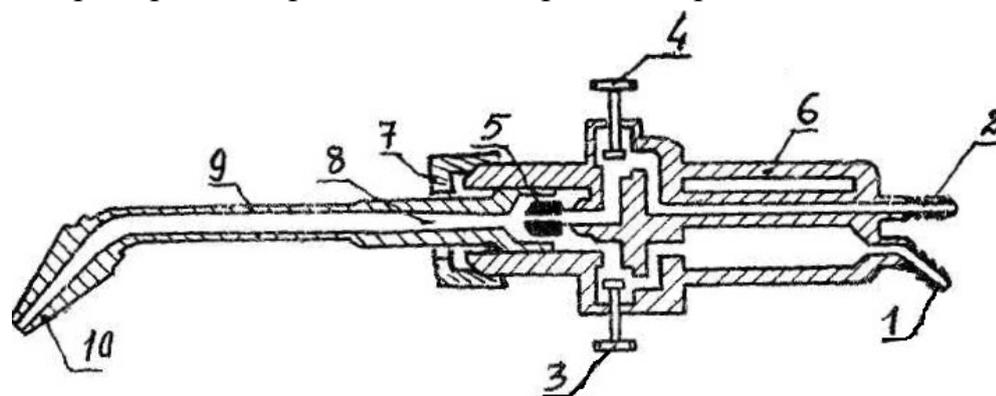


Рисунок 6.1 – Устройство газосварочной горелки инжекторного типа

1 – ацетиленовый ниппель, 2 – кислородный ниппель, 3 – вентиль для ацетилена, 4 – вентиль для кислорода, 5 – инжектор, 6 – корпус, 7 – накидная гайка, 8 – смесительная камера, 9 – наконечник, 10 – мундштук

По мощности сварочные горелки подразделяются на:

- 1) микромощные ГС-1;
- 2) малой мощности ГС-2, ГС-2-02, "Звездочка";
- 3) средней мощности ГС-3, ГС-3-02, "Звезда";
- 4) большой мощности ГС-4.

Основные параметры некоторых наиболее распространенных горелок и технологические возможности наконечников приведены в приложении 6.1

При помощи ацетиленокислородного пламени осуществляют не только сварку, но и резку металлов. Сущность резки заключается в том, что сначала металл в месте разреза нагревается газовым пламенем не до плавления, а до температуры его воспламенения в кислороде. Затем на эту нагретую поверхность направляют дополнительную струю режущего кислорода и сдувают окислы. Металл горит в струе кислорода, при его горении выделяется большое количество тепла, которое нагревает нижележащие слои и способствует их горению, т.е. процессу резки.

Металлы поддаются газовой резке только при соблюдении следующих условий:

- 1) температура воспламенения металла в струе кислорода должна быть ниже температуры его плавления,
- 2) температура плавления окислов металла ниже температуры плавления металла;
- 3) теплопроводность металла низкая;
- 4) окислы металла жидкие, легко сдуваются струей кислорода;
- 5) количество тепла, выделяемое при сгорании в струе кислорода, достаточно для поддержания непрерывности горения.

При несоответствии свойств металла хотя бы одному из этих условий резание металла становится невозможным.

Инструмент (резак) конструктивно сложнее горелки, т.к. имеет дополнительную трубочку для подвода режущего кислорода. Существует много разновидностей резаков (Р-53, РУЗ, Пламя-62, РГС-53, РАО-55, РАТ-55, РЭР-62, РУ-66, РУА, РАП-62, РПК-62 и др.) с набором сменных мундштуков. Номера мундштуков резака подбираются по выходной мощности в зависимости от разрезаемого металла (см. приложение 6.3).

Для кислородной резки с применением ацетилена используют обычное оборудование для ацетиленовой сварки, но вместо сварочной горелки применяют резаки инжекторного типа (Рисунок 6.2).

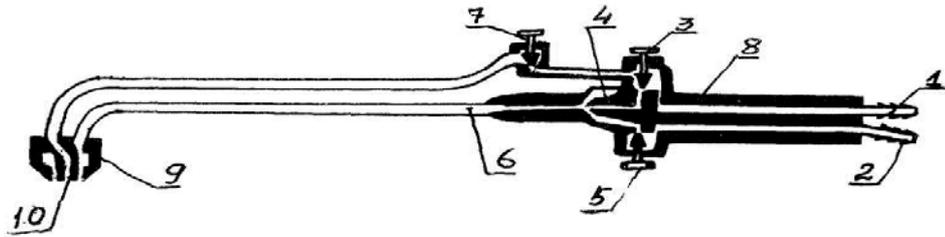


Рисунок 6.2 – Схема устройства ручного резака инжекторного типа:

1 – кислородный ниппель, 2 – ацетиленовый ниппель, 3 – вентиль для кислорода, 4 – инжектор, 5 – вентиль для ацетилена, 6 – смесительная камера, 7 – вентиль режущего кислорода, 8 – готовка резака, 9 – наружный мундштук, 10 – внутренний мундштук

### ***Ацетиленовый генератор***

Ацетиленовый генератор – это аппарат для получения ацетилена из карбида кальция. В зависимости от давления вырабатываемого ацетилена генераторы делятся на две группы (ГОСТ 5190–67): низкого давления до 0,1 МПа; среднего давления – от 0,1 до 1,5 МПа.

В ремонтных мастерских широкое распространение получили ацетиленовые генераторы АСП–10.

### ***Устройство и принцип работы генератора АСП–10***

Устройство генератора изображено на рисунке 6.4.

В корпусе генератора расположены: газообразователь 1, вытеснитель 2 и газосборник (промыватель) 3, газообразователь 1 соединен с вытеснителем 2, переливным патрубком 4, а с газосборником – трубкой 5.

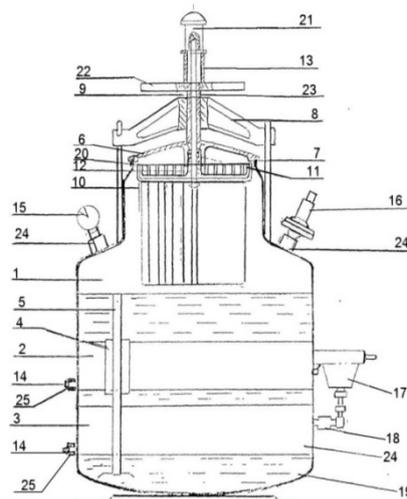


Рисунок 6.4 – Генератор ацетиленовый АСП–10

1 – газообразователь, 2 – вытеснитель; 3 – газосборник (промыватель), 4 – патрубок переливной, 5 – трубка переливная, 14 – пробка, 15 – манометр, 16 – клапан предохранительный, 17 – защитное устройство, 18 – вентиль, 19 – опора; 24 – прокладка, 25 – кольцо уплотнительное, 6 – крышка, 7 – прокладка; 8 – траверса, 9 – шток, 10 – корзина, 11 – кольцо уплотнительное, 12 – пробка; 13 – фиксатор, 20 – коромысло, 21 – рукоятка-кнопка, 22 – втулка.

Корпус закрывается крышкой 6 и герметизируется прокладкой 7, вставляемой в паз крышки. Траверса 8 вводится в проушины крюков. Вращением втулки 23 с помощью рукоятки 22 создается усилие прижима крышки к горловине. В крышку встроены подвижный шток 9 с коромыслом 20, на которое подвешивается загрузочная корзина 10.

Герметизацию штока обеспечивают резиновые уплотнительные кольца, вставляемые в гнездо крышки. Необходимое усилие герметичного уплотнения обеспечивается резьбовой пробкой 12.

Фиксатор 13 имеет различные по глубине внутренние пазы с буквенными обозначениями – О, М, С и Б, что соответствует – нулевой малой, средней и большой замочке корзины. Нижнее положение корзины задается вводом рукоятки - кнопки 21 в паз Б фиксатора, верхнее – в паз О.

Таким образом, переставляя рукоятку-кнопку в пазы различной глубины в фиксаторе, регулируют глубину погружения корзины, а значит и карбида кальция в воду.

Пробки 14 и кольца уплотнительные 25 служат для герметизации штуцеров слива ила (воды) из вытеснителя и промывателя, причем для промывателя штуцер является контрольно-сливным. На корпус генератора устанавливаются манометр 15, клапан предохранителя 16, защитное устройство 17 с вентилем 18.

При снятой крышке в газообразователь заливается вода до обреза трубки 5, а в промыватель до отверстия контроля уровня. Крышка с подвешенной на нее корзиной, загруженной карбидом кальция устанавливается на горловину генератора.

После герметизации крышки шток с корзиной опускается (из положения О рукоятка-кнопка переводится в положение па фиксаторе М, С или Б) и корзина погружается в воду.

Ацетилен, образующийся в результате реакции карбида кальция с водой, по трубке 5 поступает в газосборник, барботируя, через слой воды, охлаждается, промывается и через вентиль 18 и защитное устройство 17 поступает на потребление.

В случае уменьшения отбора ацетилена и повышения давления в генераторе вода из газообразователя 1 передавливается в вытеснитель 2, объем замоченного карбида кальция уменьшается, тем самым уменьшается газообразование; при снижении давления происходит обратный процесс. Таким образом, газообразование происходит в автоматическом режиме в зависимости от величины потребления ацетилена.

При возрастании давления в генераторе выше допустимого (рабочего) срабатывает предохранительный клапан 16, выпуская ацетилен в атмосферу.

Защитное устройство 17 предназначено для предохранения генератора от проникновения в него кислорода или воздуха со стороны отбора ацетилена и задержания детонационного горения ацетиленокислородной смеси.

## **6.5 Содержание отчета.**

6.5.1 В отчете следует привести цель работы, схему и сущность газовой сварки металлов; строение ацетиленокислородного пламени и график изменения температур в его зонах; принципиальную схему ацетиленового генератора, инжекторной горелки, кислородного резака, водяного затвора; схему и сущность кислородной резки металла; расчеты по выбору номера горелки, номера наконечника для заданных условий сварки, а также расчеты по выбору кислородного резака, номера мундштука, генератора.

## **6.6 Контрольные вопросы**

1. Объясните сущность процесса сварки плавлением
2. Какие горючие газы применяются при газосварке? Их краткая характеристика.
3. Зачем применяют кислород, флюсы присадочной материал?
4. В чем различие горелок инжекторной и безинжекционной, их достоинства и недостатки. Зачем нужны различные наконечники?
5. Объясните по схеме принцип работы ацетиленового генератора.
6. Объясните по схеме принцип работы редуктора.
7. Объясните по схеме принцип работы водяного затвора.
8. В чем сущность кислородной резки металла?
9. При соблюдении каких условий возможна кислородная резка металла?
10. Объясните по схеме принцип работы резака. Зачем нужны сменные мундштуки?
11. Какие правила техники безопасности следует строго соблюдать при выполнении газосварочных работ?

## Характеристика горелок

ГОРЕЛКИ	Распределение по номерам наконечника						
<b>ГС-1 безинжекторная микро-мощная</b>	000		00		0		
Толщина свариваемого металла, мм	0,05–0,10		0,10–0,25		0,25–0,60		
Давление кислорода, МПа	0,01–0,1		0,01–0,1		0,01 – 0,1		
Давление ацетилена, МПа	0,01–0,1		0,01–0,1		0,01 – 0,1		
Расход кислорода л/ч	6–11		11–28		28–65		
Расход ацетилена л/ч	5–10		10–25		25–60		
<b>ГС-2 "Звездочка" малой мощности, инжекторная</b>	0	1		2		3	
Толщина свариваемого металла, мм	0,2–0,7	0,5–1,5		1,0–2,5		2,5–4,0	
Давление кислорода, МПа	0,05–0,4	0,05–0,4		0,15–0,4		0,4	
Давление ацетилена, МПа	0,001	0,001		0,001		0,001	
Расход кислорода л/ч	27–80	55–135		130–260		120–250	
Расход ацетилена л/ч	25–60	50–125		240		230–400	
<b>ГС-3 "Звездочка", "Москва" инжекторная, средней мощности</b>	1	2	3	4	5	6	7
Толщина свариваемого металла, мм	0,5–1,5	1–2,5	2,5–4,0	4–7	7–11	11–18	17–30
Давление кислорода, МПа	0,1–0,4	0,15–0,4	0,2–0,4	0,2–0,4	0,2–0,4	0,2–0,4	0,001–0,2
Давление ацетилена, МПа	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	1150–1950	0,4
Расход кислорода л/ч	55–135	130–260	250–440	430–750	740–1200	1050–1750	0,001
Расход ацетилена л/ч	50–125	120–240	230–400	400–700	660–1100		1900–3100 1700–2800
<b>ГС-4 инжекторная, большой мощности</b>	8				9		
Толщина свариваемого металла, мм	30–50				50–100		
Давление кислорода, МПа	0,2–0,4				0,2–0,4		
Давление ацетилена, МПа	0,035				0,035		
Расход кислорода л/ч	3100–5000				5000–8000		
Расход ацетилена л/ч	2800–4500				4500–7000		

### Техническая характеристика ацетиленовых генераторов

Основные показатели	характеристика ацетиленовых генераторов					
	ФРИ– 1,25–73	АСМ– 1,25–3	ГРК–10– 58	ГВД–0,8 МГВ–0,8	АНВ–1–66	АСП– 10
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	1,25	1,25	10	0,8	2	0,8
Рабочее давление га- за, МПа	до 0,003	до 0,7	до 0,07	0,3	0,003	0,3
Максимальное давлени- е в генераторе, МПа	0,01	0,15	0,15	–	–	–
Разовая загрузка кар- бида кальция, кг	5	2,2	25	2	4	2
Грануляция карбида кальция	25/80	25/80	25/80	25/80	25/80	25/80

### Характеристика резака «Пламя–62»

ПОКАЗАТЕЛИ	Толщина разрезаемой стали, мм					
	3–5	6–25	50	100	200	300
Номер наружного мундштука	1	1	1	2	2	2
Номер внутреннего мундштука	1	2	3	4	5	5
Давление ацетилена не менее, МПа	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,12
Давление режущего кислорода, МПа	0,3	0,82	0,85	1,85	3,35	4,2
Расход кислорода; м <sup>3</sup> /ч	3	6	10	15	25	40
Расход ацетилена, м <sup>3</sup> /ч	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Ширина реза, мм	2–2,5	2,5– 3,5	3,5– 4,5	4,5–7	7–10	10– 15
Скорость резки, мм/мин	550	370	260	165	100	80

### Нормы выхода ацетилена на 1 кг карбида кальция

Размеры кусков, мм	Условные обозначения размеров кусков	Минимальный выход ацетилена, л	
		1 сорт	2 сорт
2–8	2/8	255	240
8–15	8/15	265	250
15–25	15/25	275	255
25–80	25/80	285	265
смешанных размеров		275	255

### Номера мундштуков резака

Показатели	Толщина разрезаемой стали					
	3–5	5–25	25–50	50–100	100–200	200–300
Номера наружного мундштука	1	1	1	2	2	2
Номер внутреннего мундштука	1	2	3	4	5	5
Давление режущего кислорода, МПа	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2
Давление ацетилена не менее, МПа	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Расход кислорода, м <sup>3</sup> /ч	3	6	10	15	26	40
Расход ацетилена, м <sup>3</sup> /ч	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8

## **7 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ГАЗОВОЙ СВАРКИ МЕТАЛЛА**

### **7.1 Цель работы:**

Освоить методику разработки технологического процесса газовой сварки, научиться рассчитывать для конкретных условий режим газосварки, выбирать оборудование и принадлежность для рабочего места газосварщика.

### **7.2 Задание**

7.2.1 Выбрать форму разделки кромок свариваемых деталей и определить площадь сечения сварного шва.

Выбрать присадочный материал.

Выбрать номер горелки.

Объяснить технологию выполнения данного способа газосварки.

Произвести нормирование процесса сварки.

Выбрать газогенератор

Составить отчет и заполнить технологическую карту.

### **7.3 Элементы УИРС**

Научиться пользоваться справочной литературой и ГОСТами, а также составлять и заполнять технологические карты.

### **7.4 Методические указания и план выполнения работы**

Разрабатывая технологический процесс газосварки, обычно проводят для каких-то определенных условий, а именно: когда заданы марка и химический состав свариваемого материалы, тип сварного шва, толщина свариваемых деталей, длина шва и др. Имеется также рабочее место с комплектом различного оборудования, приспособлений, принадлежностей.

#### **7.4.1. Выбор формы разделки**

Форму разделки кромок свариваемых деталей выбирают по ГОСТ 5264–69 в зависимости от типа шва. Вычерчивают, строго соблюдая масштаб, форму разделки на миллиметровой бумаге, затем вычисляют площадь сечения сварного шва по формулам или миллиметровке (см. работу 5).

#### **7.4.2. Выбор присадочной проволоки.**

Присадочную проволоку выбирают в соответствии с химсоставом и механическими свойствами свариваемого материала, в основном ориентируются по легирующим элементам. Марки сварочной проволоки приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Проволока для сварки сталей

Сталь	Марка проволоки
Низкоуглеродистая	Св-08, Св-08А, Св-08АА, Св-08ГА, Св-10ГА, Св-10Г2
Легированная	Св-08ГС – Св-12ГС, Св-08Г2С, Св-10ГН, Св-08ГСМТ, Св-15СТЮЦА, Св-20ГСТЮА, Св-18ХГС, Св-10НМА, Св-08МХ, Св-08ХМ, Св-18ХМА, Св-08ХНМ, Св-08ХМФА, Св-10ХМФТ, Св-08ХГ2С, Св-08ГСМА, Св-10ХГ2МА, Св-08ГСМФА, Св-14Х2МА, Св-13МФТ, Св-08ХН2А, Св-08Х3Г2СМ, Св-08ХМНБА, Св-10ХН2МТ

Диаметр присадочной проволоки определяет в зависимости от толщины свариваемых деталей по формуле:

$$d=0.5 \cdot S+1 \quad \text{для левого способа,} \quad (7.1)$$

$$d=0.5 \cdot S+2 \quad \text{для правого способа,}$$

где  $d$  – диаметр присадочной проволоки, мм;

$S$ – толщина свариваемого материала, мм

#### 7.4.3. Расчёт и выбор горелки.

Номер горелки выбирают в зависимости от толщины и теплопроводности металла по приложению 6.1, а тепловую мощность горелки и регулировку её на расход газов для заданных условий сварки рассчитывают интерполяцией табличных данных.

7.4.4. Количество накладываемых валиков в сварном шве определяют по формуле 5.4 (см. работу 5).

7.4.5. Направление перемещения горелки присадочного прутка может быть правое и левое. Рекомендуется применять перемещение горелки влево при сварке тонкого металла толщиной не более 6 мм, и перемещение горелки вправо при толщине металла свыше 6мм.

7.4.6. Траектория движения горелки и присадочного прутка зависит от площади сечения сварного шва, количества проходов и необходимости большей или меньшей степени прогревания одной из деталей и выбирается по рис.5.3 (см. работу 5).

7.4.7. Угол наклона горелки к свариваемым деталям в основном зависит от толщины металла  $S$  и может быть выбран из таблицы 7.2.

7.4.8. Нормирование процесса газосварки.

7.4.9 Масса наплавленного металла определяется по формуле 5.5(см. работу 5).

Таблица 7.2 – Наклон горелки

Толщина металла S, мм	до 1	1–3	3–5	5–7	7–10	10–12	12–15	свыше 15
Угол наклона горелки, град	10	20	30	40	50	60	70	80

Норму расхода присадочной проволоки, необходимой на всю сварку, определяют с учетом разбрызгивания, угара и отходов:

$$G_{\text{пр}} = (1.2 \dots 1.3) \cdot G_{\text{н}}, \quad (7.2.)$$

где  $G_{\text{пр}}$  – расход присадочной проволоки на сварку, кг;  
 $G_{\text{н}}$  – масса наплавленного металла, кг.

7.4.10 Машинное время сварки определяется по формуле:

$$t_o = \frac{G_{\text{н}}}{K_{\text{н}} \cdot 60}, \quad (7.3.)$$

где  $t_o$  – машинное время сварки, ч;  
 $G_{\text{н}}$  – масса наплавленного металла, г;  
 $K_{\text{н}}$  – коэффициент наплавки, г/мин.

Величина  $K_{\text{н}}$  зависит в основном от марки свариваемого металла и номера наконечника горелки и может быть взята из таблицы 7.3.

Таблица 7.3 – Величина коэффициента наплавки

№ наконечника горелки	$K_{\text{н}}$ , г/мин			
	Сталь	Чугун	Латунь	Медь
1	4–6	–	–	2
2	6–7	3,5	6	6
3	7–10	6	10	12
4	13–14	9	16	20
5	15–16	12	20,5	26,5
6	17–18	13	23,5	30
7	18–21	15	27	37

7.4.11 Скорость сварки определяют по формуле 5.9 (см. работу 5).

7.4.12 Скорость перемещения горелки с присадочным прутом рассчитывают по формуле 5.10.(см. работу 5).

7.4.13 Расход ацетилена на сварку определяют по формуле:

$$V_{\text{ац}} = M_{\text{г}} \cdot t_{\text{о}}, \quad (7.4.)$$

где  $V_{\text{ац}}$  – объём ацетилена, л;

$M_{\text{г}}$  – тепловая мощность горелки, подсчитанная интерполяцией, л/ч.

7.4.14 Норма расхода карбида кальция  $\text{CaC}_2$ , необходимого для получения ацетилена, определяют из выражения:

$$G_{\text{кк}} = \frac{V_{\text{ац}}}{A}, \quad (7.5.)$$

где  $G_{\text{кк}}$  – масса карбида кальция, кг;

$V_{\text{ац}}$  – расход ацетилена, л;

$A$  – выход ацетилена из 1 кг карбида кальция, л/кг;  $A = 240\text{--}260$  л/кг в зависимости от фракции –  $\text{CaC}_2$ .

7.4.15 Норму расхода кислорода, необходимого на всю сварку, определяют из выражения:

$$V_{\text{кс}} = (1,10 - 1,25) \cdot V_{\text{ац}}, \quad (7.6.)$$

где  $V_{\text{кс}}$  – объём кислорода, л.

7.4.16 Выбор газогенератора осуществляют, пользуясь приложением 6.2, причем по производительности выхода ацетилена генератор должен превышать тепловую мощность газовой горелки на 15–25%.

## 7.5 Содержание отчёта

В работу включается задание и его решение со всеми расчетами, формулами, объяснениями и ссылками на использованные таблицы; технологическая карта газосварки (см. приложение 7.1)

**КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ГАЗОВОЙ СВАРКИ**

ГОСТ 3.1406 – 88 Форма II

		№ цеха	№ операц.	Газовая сварка																	
				Поз.	Обозначение детали	Марка материала	Толщ. мм	Масса кг	Кол. шт												
№	Наименование и содержание операции	Оборудование (код, наименование)	Приспособление и инструмент	Катет		№ мундштука	Г а з				Присад. матер			Флюс		Код профессии	Разряд работы	Единица нормиров	Объём производ. партии		
				Длина	№ мундштука		Давлен.		Расход		Код, марка, наимен.	Расход	Сечение или диам.	Код, марка	Расход						
							C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>											

Разработал: \_\_\_\_\_ Принял: \_\_\_\_\_

## 8 ЛИТЬЁ

### 8.4 Цель работы:

Изучить физическую сущность процесса изготовления отливок, оснастку и оборудование. Освоить методику литья, способы формовки.

### 8.5 Оборудование и материалы на рабочем месте:

Формовочные смеси.

Полумодели.

Подмодельная доска.

Опоки.

Формовочный инструмент и приспособления.

### 8.6 План выполнения работы

Ознакомиться со справочными материалами по способам формовки.

Произвести формовку в двух опоках по разъёмной модели.

Заполнить технологическую карту процесса формовки.

### 8.7 Справочные данные

При изготовлении крупных отливок (станины металлорежущих станков, прокатных станов, изложницы и др.), а также в индивидуальном и мелкосерийном производстве мелких и средних отливок широко используют ручную формовку.

Характерной особенностью ручной формовки является большое разнообразие методов изготовления формы: в двух опоках (по неразъемной и разъёмной моделям, по модели с отъемными частями, с перекидным «болваном», с подрезкой); по шаблонам; по скелетной модели в трех или более опоках; в стержнях; в почве и др. Формовка по модели с отъемными частями, по шаблонам, по скелетной модели (ниже будет рассмотрены: в стержнях, в трех и более опоках, с перекидным «болваном»).

Технологический процесс ручной формовки состоит из следующих основных элементов: набивка нижней опоки; набивка верхней опоки, удаление модели из формы; отделка формы; сборка и нагружение формы.

**Формовка в двух опоках по разъёмной модели** (Рисунок 8.1) – самый распространенный метод получения разовых форм, так как подавляющее большинство отливок имеет сложную конфигурацию, требующую разъёма модели. Процесс формовки ведут в такой последовательности:

1) для изготовления нижней полуформы на подмодельную доску устанавливают нижнюю половину модели 2 и накрывают нижней опокой 1(а);

2) на модель наносят слой облицовочной и затем наполнительной смеси, трамбовкой уплотняют ее, излишки срезают линейкой на уровне верх-

ней кромки опоки и накалывают душником вентиляционные каналы 4(б);

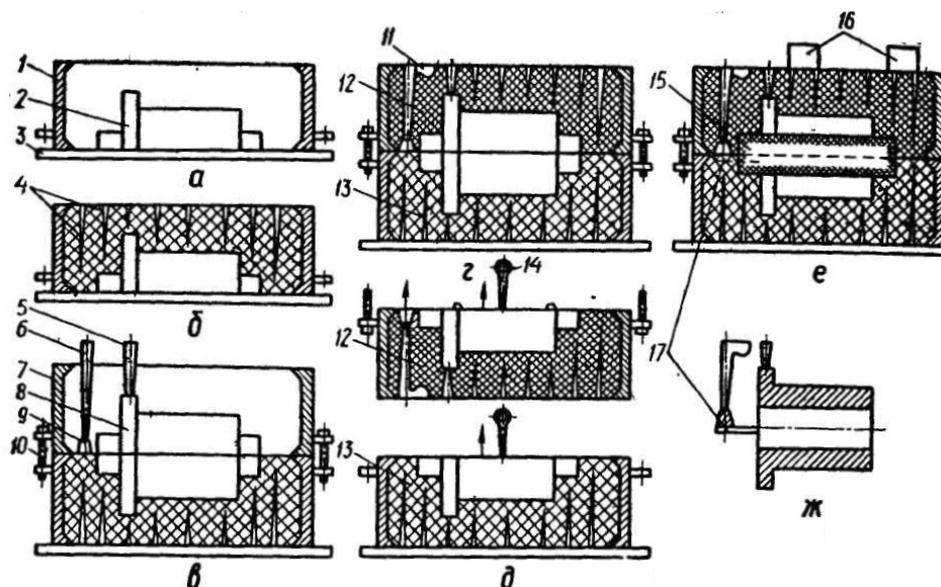


Рисунок 8.1– Формовка в двух опоках по разъемной модели.

3) готовую нижнюю полуформу переворачивают на  $180^\circ$ , устанавливают верхнюю полумодель 8, модели шлакоуловителя 9, стойка 6, выпор 5 и верхнюю опоку 7, соединив ее с нижними штырями 10(в);

4) при набивке верхней полуформы повторяют в той же последовательности сделанное с нижней полуформой, а затем вырезают литниковую чашу 11, удаляют из формы модели стойка 6 и выпора 5(в);

5) для удаления полумоделей из полуформ верхнюю полуформу снимают с нижней 13 и переворачивают ее на  $180^\circ$ ; формовочную смесь вокруг полумоделей смачивают водой; в полумодели забивают подъемники 14, легкими ударами по подъемнику полумодели расталкивают в стороны и затем вертикально вверх удаляют из полуформ; таким же образом удаляют из формы модель шлакоуловителя 9(д);

6) разрушенные участки полуформ исправляют; прорезают питатели 17 в нижней полуформе; устанавливают на стержневые знаки стержень 15; нижнюю полуформу накрывают верхней и нагружают грузами 16(е);

7) после заливки формы металлом и его кристаллизации форму разрушают и освобождают готовую отливку вместе с литниковой системой (ж).

8) **Формовку по модели с отъемными частями** применяют в том случае, если отливка имеет выступающие части, мешающие удалению модели из формы без разрушения последней. Формовку такой отливки можно было бы осуществить с помощью дополнительного разъема модели или применяя дополнительный стержень. Если же выступающие части на модели сделать отъемными, то можно

избежать дополнительных разрезов модели и дополнительных стержневых ящиков, что усложняет и удорожает формовку.

Процесс формовки по модели с отъемными частями приведен на рисунке 8.2.

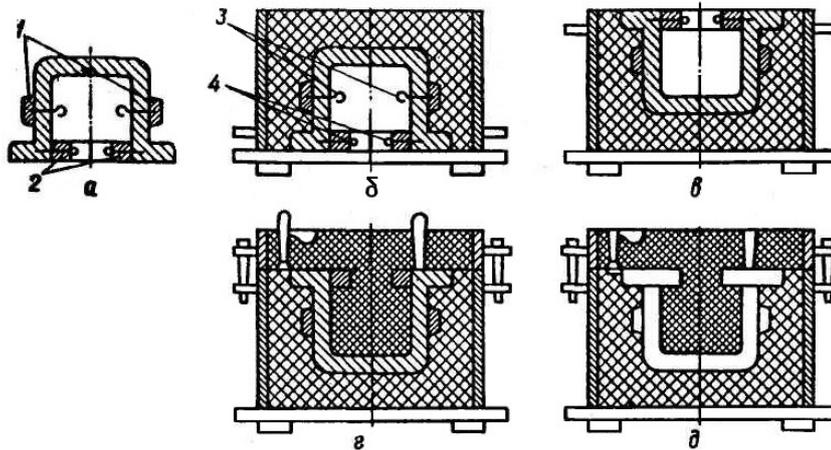


Рисунок 8.2 – Формовка по модели с отъемными частями.

Отъемные части 1 и 2(а) закрепляют на модели шпильками 3 и 4. Последовательность формовки такая же, как и рассмотренная выше: сначала набивают нижнюю полуформу (б), затем ее переворачивают (в) и вынимают шпильки 3 с отъемных частей 1. При набивке верхней полуформы формовочную смесь под отъемными частями 2 уплотняют осторожно, вынимают из них шпильки 4 (отъемные части 2 теперь удерживаются формовочной смесью) и заканчивают набивку (г). Раскрывают форму, удаляют модель, а затем и отъемные части: с нижней полуформы – части 1, а с верхней – полукольца 2 в стороны. В позиции (д) показана форма в сборе.

**Формовку по шаблонам** используют в единичном и мелкосерийном производстве крупных отливок, имеющих форму тела вращения (котлы, чаши, маховики и др.). Процесс получения литейной формы осуществляется без модели путем выгребания профиля отливки в уплотненной формовочной смеси: **шаблоне**.

**Шаблон** – профилированная доска с вырезанным наружным или внутренним профилем отливки. Изготовление шаблона значительно проще, чем модели, не требует большого расхода древесины и трудоемких работ.

Формовку можно осуществлять с помощью вертикальных, горизонтальных и протяжных шаблонов. На рисунке 8.3 дана схема формовки чаши (а) по шаблону, вращающемуся вокруг вертикального шпинделя. В почве копают яму, на дно ее устанавливают подпятник 3 для шпинделя 2.

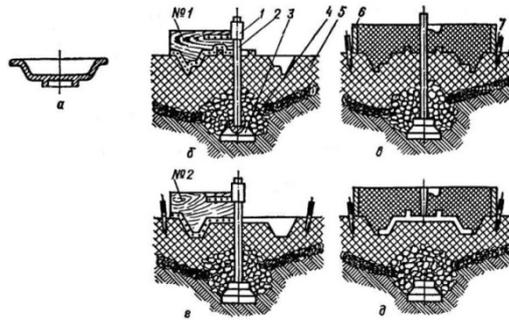


Рисунок 8.3 – Формовка вращающимися шаблонами

На шпиндель надет рукав 7, к которому крепят шаблон. Для улучшения газопроницаемости будущей формы на дно ямы засыпают кокс 4 и затем уплотняют формовочную смесь 5.

Литейную форму изготавливают с помощью двух шаблонов: № 1 – имеющего наружный профиль чаши и № 2 – внутреннего. При вращении шаблона № 1 срезают уплотненную смесь и получают наружную конфигурацию чаши (б). Затем шаблон № 1 снимают со шпинделя, плоскость разъема накрывают бумагой, ставят опоку б, фиксируя ее положение кольшками 7(в). Полученный песчаный «болван» служит моделью для набивки верхней полуформы. Набитую верхнюю полуформу (с отпечатком наружной конфигурации чаши) снимают; на шпиндель надевают рукав с шаблоном № 2, при вращении которого образуют внутреннюю конфигурацию чаши (г). Шаблон № 2 вместе со шпинделем вынимают из подпятника, который остается на дне ямы, отверстие от шпинделя забивают формовочной смесью и снова накрывают верхней полуформой(д).

**Формовку по скелетной модели** применяют для получения особокрупных отливок с меняющимся по длине сечением (например, спиральный кожух турбины). Скелетную модель изготавливают из отдельных продольных и поперечных ребер в виде решетки. Наружная поверхность этой решетки отвечает наружной конфигурации отливки, а внутренняя – внутренней. Толщина ребер соответствует толщине стенки отливки. Скелетная модель исключает изготовление сложной сплошной модели и стержневого ящика.

На рисунке 8.4(а) показана отливка части корпуса турбинной спирали и ее скелетная модель (б), разъемная по оси симметрии. Формовку в почве по скелетной модели выполняют в такой последовательности:

1) в подготовленную в почве постель из формовочной смеси вдавливают нижнюю скелетную полумодель; выступившую через окна смесь выгребают и выглаживают по внутренней поверхности модели, уплотняя смесь в окнах (в).

2) внутреннюю поверхность формы закрывают бумагой; ставят верхнюю половину скелетной модели на нижнюю и через окна набивают стержневой смесью стержень, при этом окна тоже забивают этой смесью и выглаживают по наружной поверхности модели (г).

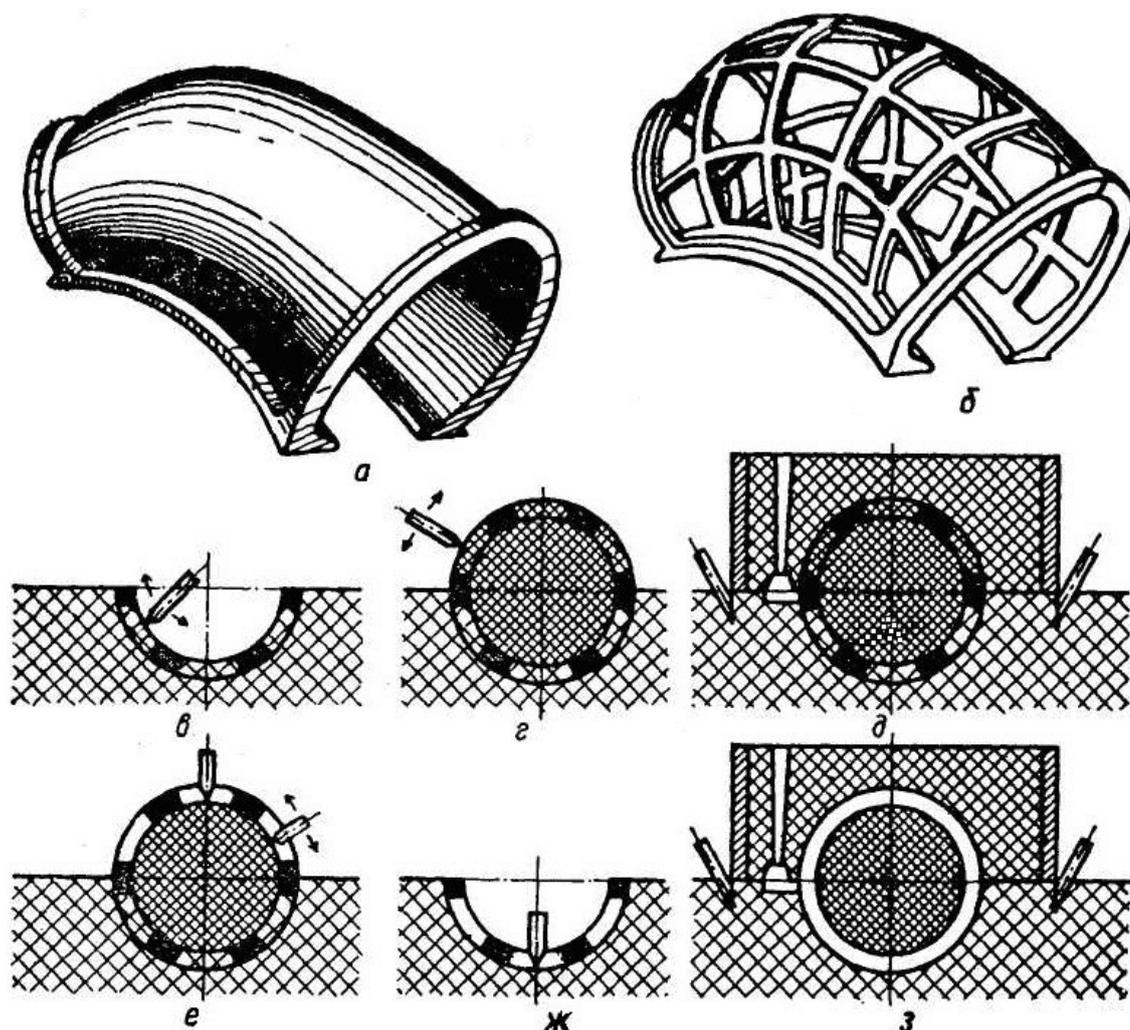


Рисунок 8.4 – Формовка по скелетной модели.

3) наружную поверхность также закрывают бумагой; набитую стержневой смесью модель накрывают опоккой, устанавливают модели литниковой системы и набивают верхнюю полуформу формовочной смесью (д).

4) готовую верхнюю полуформу снимают и исправляют; из окон верхней полумодели скребком выгребают стержневую смесь на глубину толщины ребер (е).

5) верхнюю полумодель убирают из формы; вынимают для исправления и сушки готовый стержень; из окон нижней полумодели скребком выгребают формовочную смесь на толщину ребер (ж).

6) нижнюю модель убирают из формы; ставят высушенный стержень в форму и накрывают верхней полуформой (з).

**Стержни вручную** изготавливают в стержневых ящиках или по шаблонам. Стержневой ящик состоит из двух половин, которые перед формовкой соединяют трубочинами и набивают стержневой смесью. В стержень вставляют каркас из проволоки и прокалывают сквозные вентиляционные каналы. Затем стержневой ящик осторожно раскрывают, и готовый стержень отправляют в сушку.

## **8.8 Содержание отчета:**

В отчет включается: цель работы, способы формовки и карта технологического процесса формовки в двух опоках по разъёмной модели(перечень операций).

## **8.9 Контрольные вопросы**

- 8.6.1. Что такое ликвация?
- 8.6.2. Перечислите инструмент и оснастку для формовки.
- 8.6.3. Назовите состав стержневой смеси.
- 8.6.4. Перечислите состав формовочной смеси.

## 9 ИЗУЧЕНИЕ СУЩНОСТИ ПРОЦЕССА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ КОВКИ.

### 9.4 Цель работы:

Уяснить сущность физических процессов, протекающих при обработке металлов давлением. Изучить технологические операцииковки. Приобрести практические навыки.

### 9.5 Оборудование и материалы на рабочем месте:

Горн.

Ковочный молот.

Инструмент дляковки: наковальня, подкладки, заплечики, фигурные топоры, зубило.

### 9.6 План выполнения работы

9.3.1. Ознакомиться со справочными данными и сущностью процессаковки.

9.3.2. Научиться по цвету разогретого металла определять его температуру.

9.3.3. Осуществить операцию рубки, протяжки, гибки и прошивки.

9.3.4. Заполнить технологическую карту (см. таблицу 9.1).

Таблица 9.1 – Технологическая карта операцийковки.

№	Деталь – ШИНА	Инструмент и оборудование	Температура, °С	Цвет	Время нагрева
1	Нагреть				
2	Отрубить				
3	Нагреть				
4	Осуществить протяжку				
5	Нагреть				
6	Осуществить гибку				
7	Нагреть				
8	Осуществить прошивку				
9	Проверить качество				

## 9.7 Справочные данные

### *Сущность процесса и технологические операцииковки.*

*Характеристика процесса.* Ковка – процесс деформирования нагретой заготовки между верхним и нижним бойками молота или прессы с помощью универсального инструмента. Ковка может быть машинной на молотах и прессах и ручной. Ручная ковка применяется в основном в ремонтном деле для мелких работ. Кованые заготовки для последующей обработки называются поковками. Ковкой получают поковки массой от 0,1 кг до 300 т. Крупные поковки (массой выше 1,5 т) получают из слитков только ковкой. Меньшие поковки можно получать также штамповкой. Но штамповка из-за сложности инструмента применяется только в массовом и крупносерийном производствах. Для получения мелких и средних поковок (до 150 кг) повышенной точности на ковочных молотах и прессах в серийном производстве (при партиях 50— 250 штук) часто используют подкладные штампы. Мелкие и средние поковки куят из сортового проката или блюмов.

*Виды операцийковки и инструмент.* Самую сложную поковку можно получить, выполняя в определенной последовательности основные операцииковки: протяжку, осадку, прошивку, гибку, закручивание, рубку.

*Протяжку (вытяжку)* применяют для увеличения длины заготовки и уменьшения ее поперечного сечения (рисунок 9.1, а). Протяжку можно выполнять плоскими и фигурными бойками.

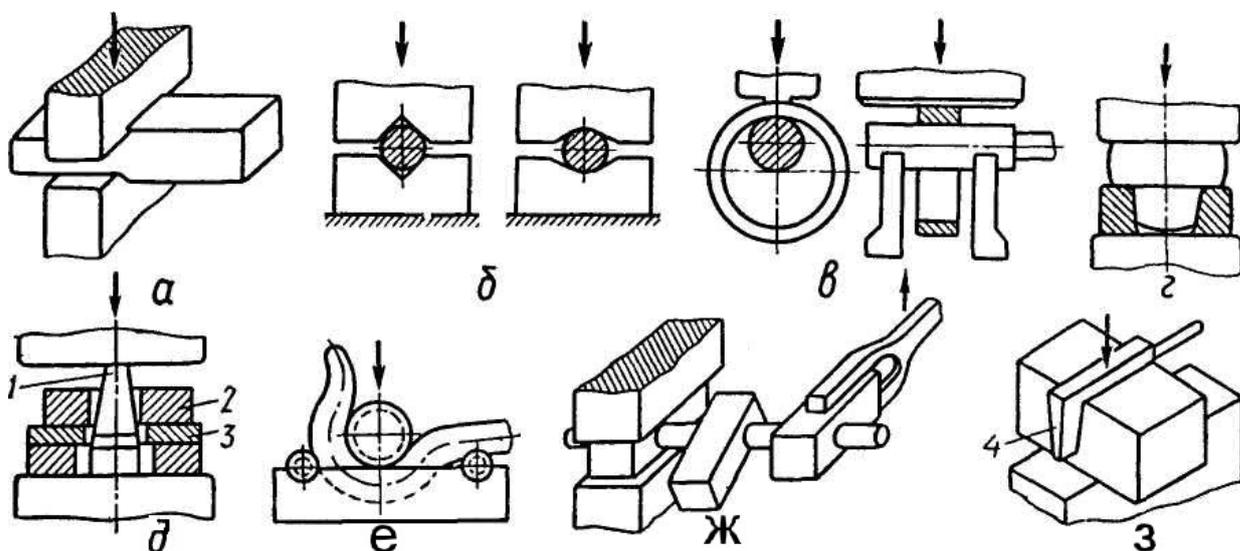


Рисунок 9.1– Основные технологические операцииковки.

Ковка в фигурных бойках (рисунок 9.1, б) позволяет избежать ковочных трещин при ковке низко-пластичных сталей и сплавов и получить более точные поковки. Степень реформации характеризуется отношением поперечно-

го сечения исходной заготовки к конечному поперечному сечению, называемому **уковкой**. Чем больше уковка, тем лучше структура металла и выше его механические свойства. Разновидности протяжки: разгонка (расширение части заготовки); протяжка полого цилиндра на оправке, применяемая при ковке барабанов, труб, цилиндров; раскатка (раздача) колец на цилиндрической оправке для увеличения диаметра (рисунок 9.1, в).

**Осадка** – увеличение поперечного сечения исходной заготовки за счет уменьшения ее высоты. Для правильной осадки высота исходной цилиндрической заготовки не должна превышать трех диаметров, торцы ее должны быть ровными и параллельными. Местное утолщение заготовки называется высадкой (рисунок 9.1, г).

**Прошивка** – получение в заготовке сквозного отверстия или углубления. Для выполнения этой операции применяют сплошные и пустотелые (для диаметров 400—900 мм) прошивки 1 (рисунок 9.1, д). Прошивку сквозных отверстий в тонких поковках 2 производят с подкладными кольцами 3 (рисунок 9.1, д). В более высоких поковках сначала прошивают отверстие с одной стороны (примерно на  $3/4$  глубины), а затем этим же прошивком заканчивают прошивку с другой стороны.

**Гибка** – применяется для изготовления крюков, коленвалов, скоб и т. п. При выборе исходной заготовки надо учитывать искажение формы и уменьшение площади поперечного сечения (утяжку) в зоне изгиба. При гибке могут использоваться подкладки и специальные приспособления (рисунок 9.1, е).

**Закручивание** – поворот одной части заготовки относительно другой на заданный угол – применяется при изготовлении коленвалов, сверл и т. п. При закручивании используют ключи, воротки, лебедки (рисунок 9.1, ж).

**Рубка** – применяется для разделения заготовки на части, отделения излишка металла и с целью образования в поковке уступов, заплечиков (**надрубка**). Инструментом для рубки служат прямые и фигурные топоры и зубила 4 (рисунок 9.1, з).

#### **Оборудование дляковки**

**Ковочные молоты.** Молоты создают динамическое (ударное) воздействие инструмента (верхнего бойка) на заготовку. Продолжительность деформации при ковке на молотах порядка  $10^{-3}$  с, а скорость деформации – 6–6,5 м/с. Наибольшее применение получили паровоздушные и приводные молоты.

В паровоздушном молоте (рисунок 9.2) подъем и опускание бабы 10 с закрепленным на ней верхним бойком 11 по направляющим 7 производится при подаче пара или сжатого воздуха давлением 0,7 – 0,9 МПа в рабочий цилиндр 5. Подача пара регулируется с помощью золотникового устройства 4.

При перемещении золотника 3 с помощью рычага 1 и тяги 2 вверх или вниз пар поступает в верхнюю или нижнюю полость цилиндра 5 и перемещает поршень 6, соединенный штоком 8 с бабой 10. При падении бабы давление пара на верхнюю часть поршня создает дополнительное усилие. Нижний боек 12 неподвижно закреплен на массивной стальной фундаментной плите – шаботе 13, лежащей на дубовой подушке на отдельном фундаменте. Чем больше масса шабота, тем большая часть кинетической энергии падающих частей превращается в энергию деформации заготовки. Обычно она в 15 раз больше массы падающих частей.

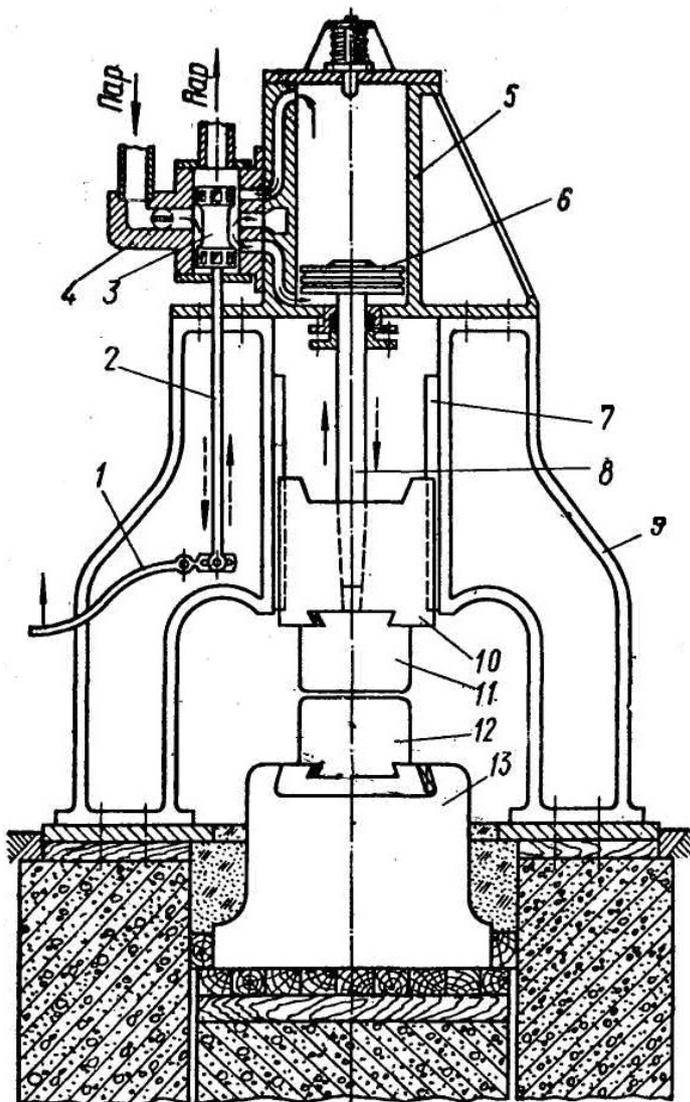


Рисунок 9.2 –  
Паровоздушный ковочный молот

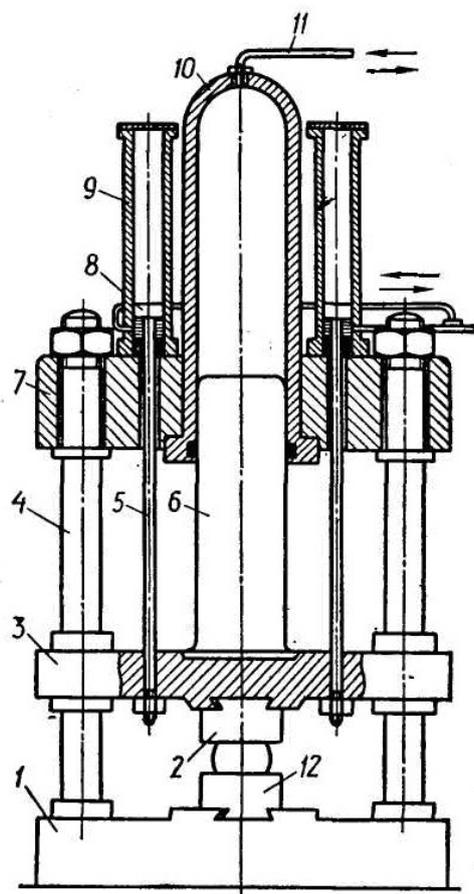


Рисунок 9.3 –  
Гидравлический ковочный пресс

Установка станины 9 и шабота 13 на отдельных фундаментах обеспечивает свободный доступ к бойкам, оберегает конструкцию молота от сотрясений, но не гарантирует параллельности бойков.

Из приводных молотов наибольшее применение получили пневматические. В них подъем и опускание поршня, шток которого одновременно является бабой молота и к которому крепится верхний боек, совершается с помощью сжатого воздуха давлением 0,2–0,3 МПа. Сжатый воздух поступает в рабочий цилиндр от поршневого компрессора, приводимого в движение кривошипно-шатунным механизмом от отдельного электродвигателя. Рабочий и компрессионный цилиндры расположены на одной станине. Пневматические молоты имеют массу падающих частей 50 – 1000 кг и применяются дляковки мелких поковок (до 20 кг).

**Гидравлические прессы.** Прессы отличаются от молотов тем, что они оказывают статическое воздействие на заготовку. Продолжительность деформации доходит до десятков секунд, а скорость деформации составляет 2—3 м/мин.

В гидравлическом прессе плунжер 6 (рисунок 9.3) перемещает подвижную траверсу 3 с закрепленным на ней верхним бойком 2. Необходимое для деформирования поковки усилие создается с помощью жидкости (водной эмульсии или минерального масла), поступающей под давлением 20–30 МПа в рабочий цилиндр 10 по трубопроводу 11. Поднимается плунжер 6 с траверсой 3 с помощью тяг 5 и перемещающихся в цилиндрах подъема 9 поршней 8. Нижний боек 12 крепится к нижней плите 1.

Нижняя 1 и верхняя 7 неподвижные плиты соединены четырьмя направляющими колоннами 4, по которым перемещается траверса 3.

В состав гидропрессовой установки, кроме самого прессы, входят также насосная станция, сливной резервуар, аккумулятор жидкости высокого давления (грузовой или воздушный) и гидрораспределители.

Гидравлические прессы изготавливают с максимальным усилием 5 – 150 МН. Они чаще используются для получения крупных поковок, а также при ковке малопластичных высоколегированных сталей и сплавов цветных металлов. Имеются также прессы, в которых вместо приводной насосной станции используется паровой насос (мультипликатор), создающий давление жидкости 30–60 МПа.

### ***Разработка технологического процессаковки***

**Чертеж поковки** составляется на основании чертежа готовой детали с учетом допусков на поковку, припусков на механическую обработку и напусков (рисунок 9.4, а). Для деталей сложной формы (с фланцами, уступами, выемками), когда длина или диаметр уступа малы по сравнению с размерами смежных участков, форма поковки упрощается. Увеличенный в таком случае припуск называется напуском.

При составлении чертежа поковки необходимо обеспечить ее технологичность. Форма поковки должна быть простой (цилиндрической или плоской), следует избегать конических и клиновых поверхностей, ребер бобышек, выступов. При ковке надо обеспечить правильное направление волокон; они не должны пересекаться.

Размеры исходной заготовки для поковки рассчитывают с учетом отходов на угар, прибыли, обрубки и необходимой степени уковки.

**Выбор и последовательность операцийковки** зависит от формы поковки и технических требований на нее. Для сплошных деталей круглогои прямоугольного сечения (осей, валов, колонн, брусков, пластин и т. п.)общими операциямиковки являются: протяжка, комбинация протяжкис осадкой, прошивкой, рубкой, надрубкой уступов.

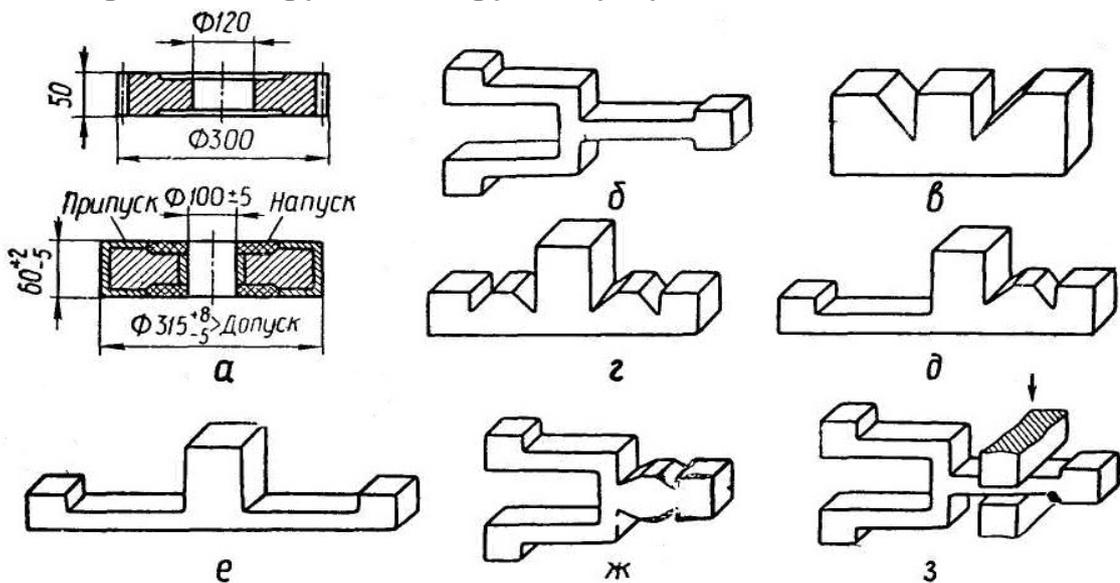


Рисунок 9.4 – Чертёж поковки шестерни и схема процессаковки рычага с вилкой.

Для одноколейных и многоколенных валов, крюков, кроме этих операций, необходимы закручивание и гибка. Для полых деталей малой высоты (бандажи, диски, кольца) применяют осадку, комбинацию осадки с протяжкой, прошивкой, рубкой, раскаткой на оправке; для протяженных полых деталей (цилиндры, барабаны, валы) – протяжку, комбинацию протяжки с осадкой, прошивкой, раскаткой на оправке.

На рисунке 9.4 показана схема технологического процессаковки рычага с вилкой (рисунок 9.4, б), включающая операции протяжки (рисунки 9.4, г, д, е, з), надрубки (рисунок 9.4, в, г, ж) и гибки (рисунок 9.4, ж).

### **Температурный интервал и режим нагрева**

Для повышения пластичности и уменьшения сопротивления деформированию металлы и сплавы перед обработкой давлением нагревают до определенной температуры. Для каждого металла существует такой температур-

ный интервал (диапазон температур начала и окончания обработки), в котором обеспечиваются оптимальные условия горячей обработки давлением. Нагрев металла сопровождается рядом явлений, которые необходимо учитывать при выборе температуры и режима нагрева.

**Окисление металлов.** При нагревании стали выше 700 °С происходит интенсивное окисление поверхностного слоя с образованием окалина, состоящей из оксидов железа  $Fe_2O_3$ ,  $Fe_3O_4$ ,  $FeO$ . С повышением температуры до 1330—1350 °С окалина плавится и железо горит с образованием снопа ярко-голубых искр. Потери металла на окалину (угар) при однократном нагреве в пламенной печи составляют 1,5—2,5 %, при электронагреве 0,4—0,7%. Кроме безвозвратных потерь металла, образование окалина в 1,5—2 раза повышает интенсивность изнашивания деформирующего инструмента, так как твердость ее выше твердости деформируемого металла.

При высоких температурах наряду с окислением железа происходит также обезуглероживание поверхностного слоя стали вследствие выгорания углерода. Толщина обезуглероженного слоя составляет обычно 0,2—0,5 мм, достигая иногда 1,5—2,0 мм.

Для уменьшения окисления металла применяют электронагрев, а также нагрев заготовок в защитной атмосфере.

**Перегрев и пережог.** При высоких температурах нагрева интенсивно растет зерно. Это явление называется *перегревом*. Перегретая сталь характеризуется более низкими механическими свойствами – уменьшение относительного удлинения и ударной вязкости составляет около 25%. Структуру перегретой стали в большинстве случаев можно исправить отжигом.

При нагреве стали до температуры, близкой к температуре плавления, происходит интенсивная диффузия в нее кислорода, образование оксидов по границам зерен и расплавление легкоплавких межзёренных прослоек, что приводит к появлению трещин и потере пластичности. Это явление называется *пережогом*. Оно не устраняется термической обработкой, и пережженный металл приходится отправлять на переплавку.

**Температурный интервал горячей обработки давлением.** Для максимального повышения пластичности металла температура начала обработки должна быть возможно более высокой, но не вызывающей перегрева и пережога. Температура окончания обработки должна быть выше температуры рекристаллизации и фазовых превращений.

Температурный интервал горячей обработки давлением углеродистых сталей с 0,2–0,7 % углерода 1280–800 °С; с 0,8–1,3 % углерода – 1100–760 °С. Медные сплавы обрабатывают в интервале температур 900–700 °С; дуралюмин – 470–400 °С; титановые сплавы – 1100–900 °С.

**Режим нагрева.** Нагрев заготовок обычно происходит неравномерно. Вначале нагреваются наружные слои, а затем за счет теплопроводности – сердцевина. При большой разности температур поверхности и сердцевины возникают температурные напряжения (снаружи – сжимающие, внутри – растягивающие), которые могут привести к образованию трещин. Опасность их появления больше у легированных и литых сталей, у которых теплопроводность меньше, и она возрастает с увеличением сечения заготовки. Поэтому заготовки из легированных сталей и заготовки диаметром больше 150 мм нагревают постепенно (методически) в два этапа: медленный нагрев и выдержка при 700–800 °С, а затем нагрев до необходимой температуры с максимально возможной скоростью.

## **9.8 Содержание отчета:**

В отчёте должны быть: цель работы, сущность и схемы процессов обработки металлов давлением, заполненная технологическая карта, виды операцийковки, инструмент, оборудование.

### **9.6. Контрольные вопросы:**

- 9.6.1. Объясните сущность протяжки.
- 9.6.2. Объясните сущность осадки.
- 9.6.3. Объясните сущность прошивки.
- 9.6.4. Объясните сущность гибки.
- 9.6.5. Объясните сущность закручивания.

## **10 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ. КЛАССИФИКАЦИЯ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ**

### **10.1 Цель работы:**

Ознакомится с видами выполняемых работ, применяемыми режущими инструментами, приспособлениями, а также точностью обработки на станках: токарно-винторезном, вертикально-сверлильном, горизонтально- и вертикально-фрезерных, поперечно-строгальном, плоско- и кругло-шлифовальных, электроэрозионных и др., их классификацией и условными обозначениями.

### **10.2 Оборудование и материалы на рабочем месте:**

Станки токарные, сверлильные, фрезерные, строгальные, шлифовальные, электроэрозионный и др., приспособления к ним.

Режущие инструменты.

Схемы и виды выполняемых работ.

### **10.3 План выполнения работы:**

10.3.1 Повторить теоретический материал по учебникам, конспектам лекций.

10.3.2 Познакомиться в лабораториях кафедры с оборудованием, приспособлениями, режущими инструментами, макетами выполняемых работ на всех станках (последовательно).

10.3.3 Настроить каждый станок, закрепить заготовки и режущие инструменты и выполнить основные виды работ:

а) на токарно-винторезном станке – продольное точение проходным прямым, проходным отогнутым и проходным упорным резцами; поперечное точение проходным отогнутым, подрезным, канавочным и отрезным резцами;

обработка отверстий сверлом центровочным, сверлом спиральным малого и большого диаметра, зенкером, разверткой;

расточивание отверстия расточным проходным и расточным упорным резцами;

нарезание резьбы наружной и внутренней плашкой и метчиками;

нарезание резьбы наружной и внутренней резьбовыми резцами;

б) на вертикально-сверлильном станке:

сверление с закреплением сверла в патроне или конусе;

расверливание отверстий;

зенкерование, развертывание;

нарезание резьбы метчиками;

зенкование начала отверстия;

в) на горизонтально-фрезерном станке:

фрезерование плоскостей цилиндрической фрезой;

фрезерование различных пазов дисковыми фрезами (пазовой, угловой, прорезной, фасочной и др.);

фрезерование эвольвентного профиля зубчатых колес;

г) на вертикально-фрезерном станке:

фрезерование горизонтальных плоскостей торцовыми головками; фрезерование вертикальных плоскостей концевыми фрезами;

фрезерование различных пазов (канавок) пальцевыми, сегментными и другими фрезами;

д) на поперечно-строгальном станке:

строгание плоскостей горизонтальных, вертикальных, наклонных;

строгание пазов прямоугольных, Т-образных, фасочных, строгание отрезным резцом (отрезка);

е) на плоскошлифовальном станке:

закрепление деталей, настройка станка и шлифование плоскостей;

ж) на кругло-шлифовальном станке:

базирование деталей, настройка станка и шлифование цилиндров и конусов;

з) на электроискровом станке:

настройка, закрепление детали и обработка разного вида пазов, отверстий, канавок.

10.3.4 Сравнить виды выполненных работ на всех станках с макетами и плакатами. Оценить качество выполненных работ.

10.3.5 Составить отчет.

## **10.4 Справочные данные**

Выполняется эта работа в основном демонстративно, а не как исследовательская. Целесообразно ее выполнять небольшими группами, последовательно переходя от одного рабочего места к другому.

Необходимо иметь при себе конспект лекций, учебники, макеты работ, чтобы увязывать непосредственно весь полученный теоретический материал на рабочем месте, на практике.

На рисунке 10.1 показаны схемы основных методов обработки резанием. Металлорежущим станком называется машина, предназначенная для придания обрабатываемой заготовке требуемой формы с заданной степенью точности путём снятия стружки.

Все металлорежущие станки делятся на 9 групп (приложение 10.1).

Каждая из групп станков в свою очередь делится на 9 типов по таким основным признакам:

а) технологическое назначение (круглошлифовальный и плоскошлифовальный);

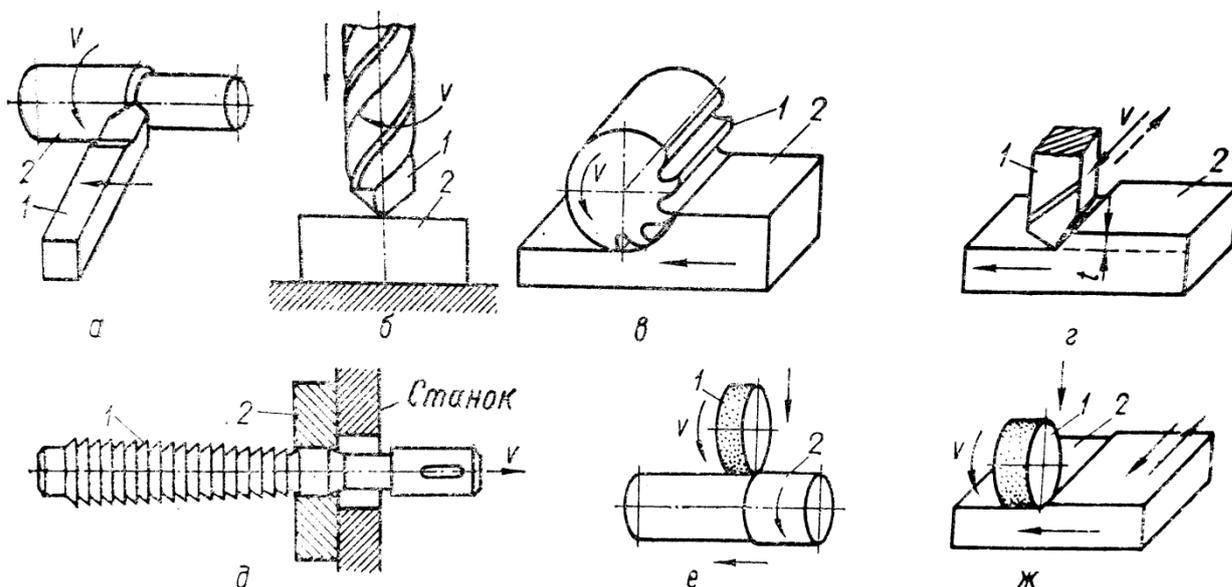


Рисунок 10.1– Схемы основных методов обработки резанием.

- б) конструктивные особенности (универсально-фрезерные, продольно-фрезерные);
- в) расположение рабочих органов в пространстве (вертикально-сверлильные, горизонтально-сверлильные);
- г) количество рабочих органов станка (одношпиндельные, многошпиндельные);
- д) степень автоматизации (обычные, полуавтоматы, автоматы).

По степени точности различают станки нормальной точности и высокоточные (прецизионные).

Принята единая система обозначения станков отечественного производства. Каждой модели присваивается номер, состоящий из трех или четырех цифр. Первая цифра указывает номер группы станка (приложение 10.1), вторая — тип станка в этой группе. Третья или третья и четвертая цифры вместе характеризуют основной параметр станка. Для токарных станков они указывают высоту центров; для револьверных станков и автоматов — наибольший диаметр обрабатываемого прутка; для сверлильных — наибольший диаметр отверстия, которое может быть просверлено на этом станке в стали средней твердости. Иногда это обозначение дополняется буквами, обозначающими дополнительную характеристику станка. Буква после первой цифры указывает на модернизацию основной базовой модели. Буква в конце номера обозначает модификацию (видоизменение) базовой модели. Например, шифр 2150 обозначает вертикально-сверлильный станок с наибольшим диаметром сверления в стали 50 мм. После модернизации станок обозначен индексом 2А150. Индекс вертикально-фрезерного станка — 6Н12, но на базе этой модели созданы копировально-фрезерный станок и станок с программным управлением, которым присвоен индекс соответственно 6Н12К и 6Н12Ф.

Металлорежущие станки классифицируются по различным признакам.

**По универсальности:** станки универсальные, предназначенные для выполнения различных операций на деталях, разнообразных по размерам и форме; специализированные – для обработки однотипных деталей; специальные – для обработки лишь одного вида изделий.

**По степени автоматизации:** с ручным управлением, автоматические, полуавтоматические.

**По точности:** нормальной точности – класс Н; повышенной точности (на базе универсальных, но при повышенных требованиях к качеству) – класс П; высокой точности (высокая точность изготовления и особая конструкция отдельных элементов) – класс В; станки особо высокой точности (высокая точность изготовления, специальная конструкция отдельных узлов и механизмов и использования этих станков в особых условиях) – класс А; особо точные или мастер-станки (применяются для изготовления особо точных деталей – например, ходовых винтов высокоточных станков).

**По весу:** лёгкие – весом до 1 т; средние – до 10 т; тяжёлые – свыше 10 т.

Обозначение моделей станков серийного производства с СССР осуществляется по разработанной в ЭНИМСе системе (плакат). Модель станка обозначается тремя или четырьмя цифрами. Иногда добавляют между цифрами или в конце цифр букву, обозначающую усовершенствование или новую модификацию станка. Первая цифра берется из второго столбца таблицы и обозначает группу, вторая указывает тип станка и приведена в горизонтальном подзаголовке таблицы. Третья, а иногда также и четвертая цифры определяют основные параметры станка и размеры обрабатываемых деталей. Например, токарно-револьверный станок мод. 1336А:

1 – токарный, 3 – револьверный, 36 – диаметр обрабатываемого прутка, А – модификация станка. Вертикально-сверлильный станок модель 2А150: 2 – сверлильный, А – модернизация узлов стенка, 1 – вертикальный, 50 – наибольший диаметр сверла. 736: 7 – строгальные, долбежные и протяжные станки, 3 – поперечно-строгальные, 6 – максимальный рабочий ход ползуна 600 мм.

## 10.5 Содержание отчета

В отчет должны быть включены: цель работы, эскизы выполненных работ на всех станках с указанием вида работы, название режущего инструмента и режима резания (обработки).

## 10.6 Контрольные вопросы

10.6.1 Как классифицируются металлорежущие станки по ГОСТу? Что означает маркировка?

10.6.2 Приспособления к токарным станкам, их закрепление, назначение.

- 10.6.3 Типы сверлильных станков, их основное назначение.
- 10.6.4 Приспособление токарно-вертикально-сверлильного станка, его назначение.
- 10.6.5 Способы закрепления режущих, инструментов на вертикально-сверлильном станке.
- 10.6.6 Приспособления фрезерных станков, их закрепление и назначение.
- 10.6.7 Классификация фрез, их закрепление на станках.
- 10.6.8 Устройство поперечно-строгального станка, его основные узлы, механизмы и виды движений.
- 10.6.9 Приспособления поперечно-строгального станка, их назначение.

## Классификация металлорежущих станков

Группа станков	Шифр-группы	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Токарные	1	Автоматы и полуавтоматы		Револьверные	Сверлильно-отрезные	Карусельные	Токарные илобовые	Многорезцовые	Специализированные	Разные станки этой группы
		Одношпиндельные	Многошпиндельные							
Сверлильные и расточные	2	Вертикально-сверлильные	Полуавтоматы		Координатно-расточные	Радиально-сверлильные	Горизонтально-расточные	Алмазно-расточные	Горизонтально-сверлильные	
			Одношпиндельные	Многошпиндельные						
Шлифовальные, полировальные и доводочные	3	Круглошлифовальные	Внутришлифовальные	Обдирочно-шлифовальные	Специализированные шлифовальные	—	Заточные	Плоскошлифовальные	Притирочные и полировочные	
Для электрофизической и электрохимической обработки	4	Универсальные	Полуавтоматы	Автоматы	Электрохимические	Электроискровые	—	Электроэрозионные, ультразвуковые	Анодномеханические	
Зубо- и резьбо-обрабатывающие	5	Зубострогальные для цилиндрических колес	Зуборезные для конических колес	Зубофрезерные для цилиндрических колес и шлицевых	Зубофрезерные для червячных колес	Для обработки торцов зубьев колес	Резьбофрезерные	Зубоотделочные	Зубо- и резьбо-шлифовальные	
Фрезерные	6	Вертикальные консольные	Непрерывного действия	—	Копировальные и гравировальные	Вертикальные бесконсольные	Продольные	Широкоуниверсальные консольные	Горизонтальные консольные	
Строгательные, долбежные, протяжные	7	Продольно-строгальные		Поперечнострогальные	Долбежные	Протяжные горизонтальные	—	Протяжные вертикальные	—	
		одностоечные	двухстоечные							
Разрезные	8	Отрезные, работающие		фрикционным диском	Правильноотрезные	Разрезные, работающие пилами			—	
		Токарным резцом	Абразивным кругом			ленточными	дисковыми	ножовками		
Разные	9	Муфто- и трубообрабатывающие	Пилонасекательные	Правильно- и бесцентровообдирочные	—	Для испытания инструмента	Делительные машины	Балансировочные	—	

## 11 УСТРОЙСТВО, НАЗНАЧЕНИЕ УЗЛОВ ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА И ЕГО КИНЕМАТИЧЕСКИХ РАСЧЁТ

### 11.1 Цель работы

Изучить классификацию, маркировку металлорежущих станков; устройство, назначение узлов; научиться производить кинематические расчеты.

### 11.2 Элементы УИРС

Освоить кинематические расчеты и произвести их по индивидуальному заданию.

### 11.3 Задание

11.3.1 Изучить законы построения чисел оборотов коробок скоростей и лучевую диаграмму.

11.3.2 Изучить назначение узлов и частей токарно-винторезного станка.

11.3.3 Изучить кинематические обозначения в схемах станков.

11.3.4 Изучить движения в станке: главное и движение подачи.

11.3.5 Произвести расчеты по индивидуальному заданию: числа оборотов шпинделя подачи продольной, подачи поперечной, нарезаемой резьбы – метрической и дюймовой.

11.3.6 На макете станка записать на бумаге по заданному положению рукояток подачу продольную и резьбу дюймовую. Сравнить с расчетными данными.

### 11.4 Оборудование рабочего места.

Действующий макет токарно-винторезного станка, оправки для крепления бумаги и резцовая оправка для карандаша, плакаты, классная доска.

### 11.5 Справочные данные

#### *Основные узлы токарного станка и их назначение.*

На рисунке 11.1 приведена схема токарно-винторезного станка, на которой цифрами обозначены основные узлы станка.

1. **Станина**, на которой крепятся все остальные узлы станка. На верхней части станины имеется очень точно выполненные плоские и треугольные направляющие для перемещения суппорта и задней, бабки. Станина должна иметь большую массу, чтобы поглощать некоторую часть вибраций;

2. **Передняя бабка** служит для поддержания обрабатываемой детали. Внутри неё расположена коробка скоростей, создающая необходимую частоту вращения шпинделя;

3. **Шпиндель** – пустотелый вал, предназначенный для закрепления детали и придания ей вращательного движения. На передней части имеет резьбу для навинчивания приспособления (различные патроны, планшайбы и т.д.) и внутри – коническую поверхность для закрепления центра;

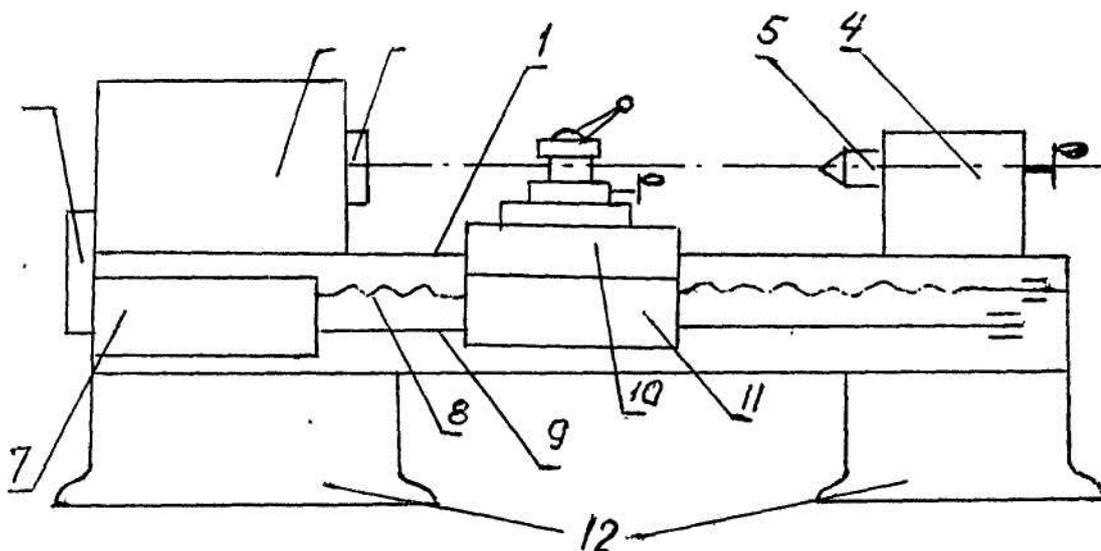


Рисунок 11.1 – Схема частей и узлов токарно-винторезного станка.

4. **Задняя бабка** служит для поддержания другого конца обрабатываемой детали;

5. **Подвижная пиноль задней бабки.** В ней можно вставить центра, сверла и другой режущий инструмент;

6. **Гитара сменных шестерён,** при помощи которых настраивают станок для нарезания различных систем резьб (метрическая, дюймовая, питчевая). В современных станках они находятся внутри передней бабки;

7. **Коробка подач** предназначена для создания количества подач и всех стандартных шагов резьбы;

8. **Ходовой винт** включается только при нарезании резьбы;

9. **Ходовой вал** предназначен для всех видов работ, кроме нарезания резьбы;

10. **Суппорт** имеет продольные салазки, которые перемещаются по направляющим станины параллельно оси обрабатываемой детали. На продольных салазках имеются направляющие в виде «ласточкиного хвоста», по которым перпендикулярно оси детали перемещаются поперечные салазки. На поперечных салазках имеются круговые направляющие, на которых может устанавливаться под любым углом резцовая каретка.

11. **Фартук** – нижняя часть суппорта – предназначен для преобразования вращательного движения ходового винта и ходового вала в поступательное движение суппорта. В случае вращения ходового винта движение преобразуется в поступательное парой винт-гайка. Когда вращается ходовой вал,

движение преобразуется в поступательное путем перекачивания ременной шестерни по зубчатой рейке.

12. *Тумбы* имеют в нижней части отверстия для фундаментальных болтов. Они, как и станина, массивные и хорошо поглощают вибрации.

С целью борьбы с вибрациями в станках все валы и шестерни изготовлены с высокой точностью, подшипники применяются повышенной точности, а в современных высокоточных станках – гидростатические шпиндельные опоры.

**11.6** Кинематика токарного станка, как и других металлорежущих станков, изучается по кинематической схеме (рисунок 11.2).

Чтобы прочесть кинематическую схему станка, необходимо знать условные обозначения, можно по схеме проследить движение от электродвигателя до шпинделя (главное движение) и суппорта (движение подачи). (См. рисунок 11.2)

*Главное движение* начинается от электродвигателя (в левом нижнем углу на кинематической схеме ) мощностью 4,6 кВт и с числом оборотов 1400. На валу электродвигателя неподвижно закреплён шкив диаметром  $D = 132$  мм. Поэтому он вращается с такой же скоростью, как и вал электродвигателя. При помощи клиноременной передачи движение передаётся на шкив  $D = 290$  мм, который соединяется фрикционной муфтой с первым валом коробки скоростей. Вместе с валом вращается блок  $D$ , состоящий из 3-х шестерён (с числом зубьев 34, 43, 51). Этот блок может перемещаться вдоль вала. Если его переместить вправо, то шестерня с 34 зубьями войдет в зацепление с 69 зубьями и второй вал начнёт вращаться, Если блок передвинуть в среднее положение, то шестерня с 34 зубьями выйдет из зацепления, а шестерня с 51 зубом войдет в зацепление с шестерней с 52 зубьями, т.к. передаточное отношение шестерён в этом случае отличатся от предыдущего, то второй вал коробки скоростей станка будет иметь уже иную скорость вращения. Если же блок шестерён передвинуть в крайнее левое положение, то войдут в зацепление шестерни с 43 и 60 зубьями. В этом случае второй вал коробки скоростей будет вращаться со скоростью, отличной от первых двух случаев.

Таким образом, второй вал может получить три разных скорости вращения, т.е. три ступени вращения. Со второго вала движение снижается подвижным блоком из двух шестерён Ж. При положении Ж1 шестерня с 58 зубьями будет вращать шестерню с 41 зубом и передавать третьему валу ступени вращения. При положении Ж2 движение будет передаваться через пару шестерён с числом зубьев 30 и 69. Через эту пару третий вал получит ещё

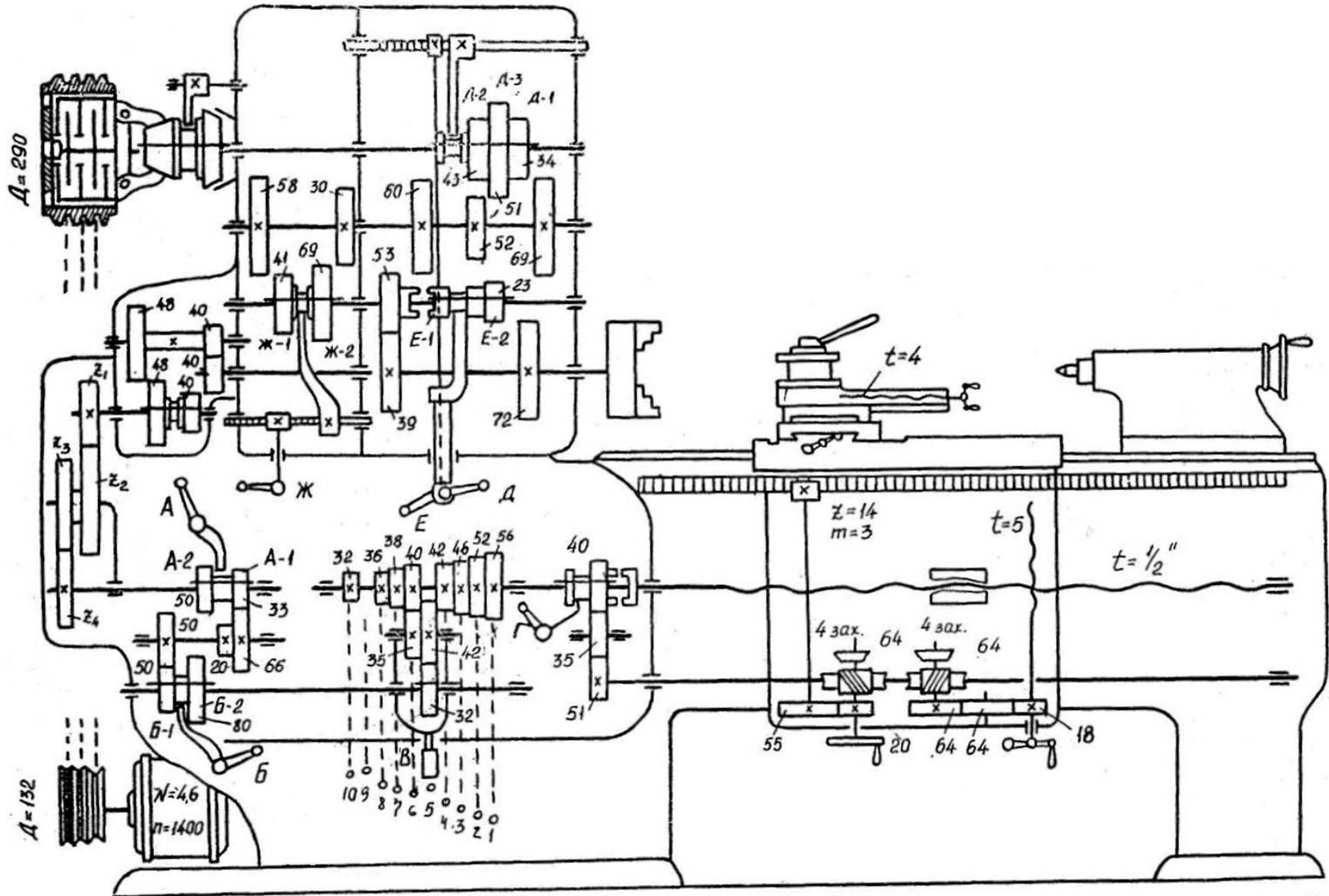


Рисунок 11.2 – Кинематическая схема станка 1К62

3 ступени оборотов. Всего 3-й вал будет иметь 6 ступеней оборотов. С третьего вала на шпиндель движение передаётся либо через пару шестерён с 23 и 72 зубьями (6 ступеней), либо через шестерни с 53 и 39 зубьями (еще 6 ступеней), если блок E сдвинуть влево и ввести в зацепление зубчатую муфту блока с шестерней с 53 зубьями. Всего на шпинделе будет 12 ступеней оборотов.

Следует отметить, что число ступеней не всегда соответствует числу скоростей, т.к. на различных ступенях могут быть одинаковые скорости.

### 11.7 Коэффициент полезного действия станка

КПД станка ( $\eta_{ст}$ ) показывает, какая часть потребляемой мощности используется на полезную работу – резание и равен произведению КПД элементов кинематической цепи, участвующих в передаче движения от электродвигателя до шпинделя (потери мощности в механизме подач учитываются отдельным коэффициентом), КПД станка рассчитывается по формуле:

$$\eta_{ст.} = \eta_1^a \cdot \eta_2^b \cdot \eta_3^c \cdot \eta_4^d \cdot \eta_n^m \cdot k,$$

где  $\eta_1$ – КПД ременной передачи,  $\eta_1 = 0,97$   
 $\eta_2$ – КПД пары зубчатых передач,  $\eta_2 = 0,98$ ;  
 $\eta_3$ – КПД подшипников качения,  $\eta_3 = 0,995$ ;  
 $\eta_4$ –КПД подшипников скольжения,  $\eta_4 = 0,985$ ;  
a,b,c,d– соответственно количество элементов в кинематической цепи, по которой осуществляется главное движение;  
k– коэффициент, учитывающий потери мощности в механизме подач. Для токарных станков  $k = 0,96$ .

#### **Пример:**

На задней ступени участвуют следующие кинематические пары:

1. Клиноременная передача (3 ремня)
2. В коробке скоростей 3 зубчатых пары, 9 подшипников качения и 1 подшипник скольжения.

$$\eta_{ст.} = 0,97^3 0,98^3 0,995^9 0,96 = 0,91 0,94 0,96 0,985 0,96 = 0,825$$

### 11.8 Крутящий момент

В процессе резания необходимо сохранить условие:

$$M_{шп.} \geq M_{рез.},$$

где  $M_{шп.}$  – крутящий момент на шпинделе, кГм;

$M_{рез.}$  – крутящий момент, необходимый для осуществления процесса резания при заданных режимах, кГм.

Крутящий момент на шпинделе для каждой ступени определяется в зависимости от числа оборотов шпинделя ( $n_{шп.}$ ), числа оборотов электродвигателя ( $n_{эд.}$ ), его мощности ( $N$ , кВт), КПД станка ( $\eta_{ст.}$ ).

$$M_{шп.} = \frac{M_{эд.}}{i_{общ.}} \cdot \eta_{ст.}, \text{ кГм};$$

где  $M_{эд.}$  – крутящий момент на валу электродвигателя, кГм;

$$M_{эд.} = 716,2 \cdot \frac{1,36}{n_{эд.}} \cdot N = 716,2 \cdot \frac{1,36}{1400} \cdot 4,6 = 3,14 \text{ кГм}.$$

где  $n_{эд.}$  – число оборотов вала электродвигателя, об/мин.

При положении рукояток в коробке скоростей Д–3, Ж–1, Е–1 передаточное отношение от электродвигателя до шпинделя составит

$$i_{общ.} = \frac{n_{шп.}}{n_{эд.}} = \frac{1178}{1400} = 0,84,$$

отсюда

$$M_{шп.} = \frac{3,14 \cdot 0,825}{0,84} = 3,1 \text{ кГм}.$$

## 11.9 Продольная подача

Величина продольной подачи рассчитывается по уравнению

$$S_{пр.} = 1/об \cdot i_{общ.} \cdot \pi \cdot m \cdot z, \text{ мм/об.}$$

где  $i_{общ.}$  – общее передаточное отношение механизмов от шпинделя до реечной шестерни;

$z$  – число зубьев реечной шестерни;

$m$  – модуль реечной шестерни;

$\pi \cdot m \cdot z$  – длина делительной окружности реечной шестерни.

В кинематической цепи от шпинделя до реечной шестерни участвуют следующие механизмы: трензель (тр.), гитара смешенных шестерен (гит.), коробка подач (к.п.), механизм фартука суппорта(ф.), реечная пара.

$$i_{\text{общ.}} = i_{\text{тр.}} \cdot i_{\text{гит.}} \cdot i_{\text{к.п.}} \cdot i_{\text{ф.}}$$

Изменение величины подачи осуществляется за счет изменения передаточных отношений ступеней коробки передач. Передаточные отношения остальных механизмов, в т.ч. и гитары, остаются постоянными.

### **Пример:**

Рассчитать продольную подачу при положении шестерён и рукояток в коробке передач: А–1, Б–1, В–5.

$$i_{\text{тр.}} = \frac{40}{40} = 1 \text{ или с промежуточной шестернёй } \frac{40}{40} = \frac{48}{48} = 1;$$

$$i_{\text{гит.}} = \frac{48}{127} \cdot \frac{127}{48} = 1;$$

$$i_{\text{к.п.}} = \frac{33}{66} \cdot \frac{50}{50} \cdot \frac{32}{42} \cdot \frac{35}{40} = 0,333;$$

$i$  фартука, включая постоянные шестерни блокировочного механизма (рукоятка Г):

$$i_{\text{ф.}} = \frac{40}{35} \cdot \frac{35}{51} \cdot \frac{4}{64} \cdot \frac{20}{55} = 0,018;$$

Длина делительной окружности реечной шестерни

$$\pi \cdot m \cdot z = 3 \cdot 3,14 \cdot 14 = 132 \text{ мм,}$$

где  $m$  – модуль реечной шестерни, равней 3 мм;  
 $z$  – число зубьев реечной шестерни, равное 14.

Следовательно, для заданного положения настройки коробки передач

$$S_{\text{пр.}} = 1 \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{48}{48} \cdot \frac{48}{127} \cdot \frac{127}{48} \cdot \frac{33}{66} \cdot \frac{50}{50} \cdot \frac{32}{42} \cdot \frac{35}{40} \cdot \frac{40}{35} \cdot \frac{35}{51} \cdot \frac{4}{64} \cdot \frac{20}{55} \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 14 = 0,79 \text{ мм / об.}$$

## **11.10 Поперечная подача**

Перемещение поперечных салазок суппорта  $S_{\text{поп.}}$  осуществляется при помощи винтовой пары, винт которой кинематически связан со шпинделем станка.

Расчет подачи производится по уравнению:

$$S_{\text{поп.}} = 1/\text{об} \cdot i_{\text{общ.}} \cdot t_{\text{в.п.}}, \text{ мм/об.}$$

где  $i_{\text{общ.}}$  – общее передаточное отношение механизмов от шпинделя до винта поперечной подачи;

$t_{\text{в.п.}}$  – шаг винта поперечной подачи, мм.

В кинематической цепи участвуют механизмы тrenzеля, гитары, коробки подач, фартука и винтовой пары.

$$i_{\text{общ.}} = i_{\text{тр.}} \cdot i_{\text{гит.}} \cdot i_{\text{к.п.}} \cdot i_{\text{ф.}}$$

Величина подачи изменяется за счет коробки подач, передаточные отношения остальных механизмов остается постоянными.

### **Пример:**

Рассчитать поперечную подачу при положении шестерён и рукояток в коробке подеч: А–1, Б–1, В–5.

$$i_{\text{тр.}} = \frac{40}{40} = 1 \text{ или с промежуточной шестернёй } \frac{40}{40} = \frac{48}{48} = 1;$$

$$i_{\text{гит.}} = \frac{48}{127} \cdot \frac{127}{48} = 1;$$

$$i_{\text{к.п.}} = \frac{33}{66} \cdot \frac{50}{50} \cdot \frac{32}{42} \cdot \frac{35}{40} = 0,333;$$

$$i_{\text{ф.}} = \frac{40}{35} \cdot \frac{35}{51} \cdot \frac{4}{64} \cdot \frac{64}{64} \cdot \frac{64}{18} = 0,174;$$

Шаг винта поперечной подачи  $t_{\text{в.п.}} = 5$  мм.

Следовательно, для заданного положения шестерен и рукояток коробки подач

$$S_{\text{пр.}} = 1 \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{48}{48} \cdot \frac{48}{127} \cdot \frac{127}{48} \cdot \frac{33}{66} \cdot \frac{50}{50} \cdot \frac{32}{42} \cdot \frac{35}{40} \cdot \frac{40}{35} \cdot \frac{35}{51} \cdot \frac{4}{64} \cdot \frac{64}{64} \cdot \frac{64}{18} \cdot 5 = 0,295 \text{ мм/об.}$$

### **11.11 Метрическая резьба.**

Общее уравнение кинематической цепи при настройке станка для нарезания резьбы:

$$t_{\text{н.р.}} = i_{\text{тр.}} \cdot i_{\text{гит.}} \cdot i_{\text{к.п.}} \cdot t_{\text{х.в.}}$$

где  $t_{\text{х.в.}}$  – шаг ходового винта станка, мм;

$t_{\text{н.р.}}$  – шаг нарезаемой резьбы, мм.

### Пример:

Рассчитать шаг метрической резьбы при положении шестерён и рукояток коробки подач: А–2, Б–1, В–5.

Сменные шестерни гитары 48–127–110–44.

Дюймовый шаг винта выражаем в миллиметрах:

$$t_{x.v.} = \frac{1}{2} = \frac{25,4}{2} = 12,7 = \frac{127}{10} \text{ мм};$$

$$t_{н.р.} = i_{тр.} \cdot i_{гит.} \cdot i_{к.п.} \cdot t_{x.v.} = \frac{40}{40} \cdot \frac{48}{127} \cdot \frac{110}{40} \cdot \frac{50}{50} \cdot \frac{50}{50} \cdot \frac{32}{42} \cdot \frac{35}{40} \cdot \frac{127}{10} = 8 \text{ мм}.$$

### 11.12 Дюймовая резьба

Определить число ниток при нарезании дюймовой резьбы ( $K_{н.р.}$ ).

Положение рукояток коробки подач: А–2, Б–1, В–1.

Сменные шестерни гитары: 24–127–48.

$$t_{н.р.} = i_{тр.} \cdot i_{гит.} \cdot i_{к.п.} \cdot t_{x.v.}$$

$t_{н.р.}$  и  $t_{x.v.}$  выражаем через число ниток на дюйм ( $K_{н.р.}$  и  $K_{x.v.}$ )

$$t_{н.р.} = \frac{25,4}{K_{н.р.}};$$

$$t_{x.v.} = \frac{25,4}{K_{x.v.}}.$$

Значения  $t_{н.р.}$  и  $t_{x.v.}$  подставляем в уравнение кинематической цепи:

$$\frac{25,4}{K_{н.р.}} = i_{тр.} \cdot i_{гит.} \cdot i_{к.п.} \cdot \frac{25,4}{K_{x.v.}}$$

После преобразования и сокращения

$$K_{н.р.} = \frac{K_{x.v.}}{i_{тр.} \cdot i_{гит.} \cdot i_{к.п.}};$$

$$t_{x.v.} = 1/2;$$

$$K_{x.v.} = 2 \text{ витка на 1 дюйм}.$$

$$K_{н.р.} = \frac{2}{\frac{40}{40} \cdot \frac{48}{48} \cdot \frac{48}{127} \cdot \frac{127}{48} \cdot \frac{50}{50} \cdot \frac{50}{50} \cdot \frac{32}{42} \cdot \frac{42}{58}} = 3 \frac{1}{2} \text{ нитки на 1 дюйм}.$$

Расчёт вести в простых дробях.

### **11.13 Содержание отчета**

В отчет должны быть включены: цель работы, расчёты (согласно заданного варианта) крутящего момента, продольной подачи, поперечной подачи, метрической и дюймовой резьбы.

### **11.14 Контрольные вопросы**

1. На примере кинематической схемы рассказать устройство основных узлов токарно-винторезного (или др. заданного) станка.
2. Объяснить принцип расчёта крутящего момента.
3. Объяснить принцип расчёта продольной подачи.
4. Объяснить принцип расчёта поперечной подачи.
5. Объяснить принцип расчёта метрической и дюймовой резьбы.

## 12 ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЮ

### 12.1 Цель работы:

Ознакомиться с методами и приборами для измерения сил резания при точении, установить влияние различных факторов на величину вертикальной составляющей силы резания  $P_z$ .

### 12.2 Оборудование и материалы на рабочем месте:

Токарно-винторезный станок 1К62.

Динамометр.

Набор резцов с различными передними углами.

Заготовки чугунные и стальные.

Шаблоны, штангенциркуль.

Плакаты, макеты.

Картон для сбора стружки.

### 12.3 План выполнения работы.

12.3.1 Изучить по лекциям и учебнику раздел «Сопrotивление металлов резанию».

12.3.2 Ответить преподавателю на поставленные по работе вопросы.

12.3.3 Ознакомиться в лаборатории с оборудованием, приборами, инструментами.

12.3.4 Закрепить заготовку на 3-х кулачковом патроне, а динамометр на суппорте и провести 5 серий опытов. Показания индикатора и силы резания  $P_z$  занести в протокол измерений (таблица 12.1). Собрать характерную стружку.

#### ***Выполнение работы:***

а) влияние обрабатываемого материала на  $P_z$ .

Постоянные условия: сталь Ст3,  $t=2$  мм,  $S=0,3$  мм/об,  $v=15$  м/мин,  $\phi=60^\circ$ ,  $\gamma=20^\circ$ ;

Переменные условия: сталь мягкая Ст3, сталь твёрдая, чугун;

б) влияние переднего угла на  $P_z$

Постоянные условия: сталь Ст3,  $t=2$  мм,  $v=15$  м/мин,  $\gamma=0^\circ$ ,  $\phi=60^\circ$ , без охлаждения,  $S=0,3$  мм/об;

Переменные условия:  $\gamma=-10^\circ$ ,  $\gamma=0^\circ$ ,  $\gamma=+20^\circ$ ;

в) влияние глубины резания  $t$  на  $P_z$

Постоянные условия: сталь Ст3,  $S=0,3$  мм/об,  $v=15$  м/мин,  $\gamma=0^\circ$ ,  $\phi=60^\circ$ , без охлаждения;

Переменные условия:  $t=1, 2, 3, 4$  мм;

г) влияние подачи  $S$  на  $P_z$

Постоянные условия:  $t=2$  мм,  $v=15$  м/мин, Ст3,  $\gamma = 0^\circ$ ,  $\varphi = 60^\circ$ , без охлаждения;

Переменные условия:  $S=0, 1; 0, 3; 0, 6$  и  $1$  мм/об;

д) влияние скорости резания на  $P_z$

Постоянные условия: сталь,  $t=2$  мм,  $S=0, 3$  мм/об, Ст3,  $\gamma = 0^\circ$ ,  $\varphi = 60^\circ$ , без охлаждения;

Переменные условия:  $v=5; 15; 45; 135$  и  $400$  м/мин;

12.3.5 Составить отчет по работе.

Таблица 12.1 – Протокол измерений

№ п/п	Материал и диаметр заготовки	$\gamma$	Режим резания				Показания индикатора	Сила резания, $P_z$ кг	Тип стружки
			$t$ мм	$S$ мм/об	$n$ об/мин	$v$ м/мин			
1 2 3	Сталь Чугун	0	1	0,3	80	15			
4 5 6	Сталь	$-10^\circ$ $0^\circ$ $+20^\circ$	1	0,3	80	15			
7 8 9 10 11	Сталь	0	1,0 1,5 2,0 2,5 3,0	0,3	80	15			
12 13 14 15 16	Сталь	0	1	0,1 0,3 0,5 0,7 1,0	80	15			
17 18 19 20 21	Сталь	0	1	0,3	250 315 500 630 1000	30 45 80 100 150			

#### 12.4 Справочные данные

Динамометр ДК–1 предназначен для регистрации силы резания  $P_z$ , с помощью индикатора. Он протарирован, имеется тарировочный график. Чтобы тари-

ровка была действительной, необходимо устанавливать резцы очень тщательно, по шаблону.

При построении графических зависимостей в обычных координатах получаются линии кривые, их трудно обрабатывать математически. Но при построении их в двойной логарифмической шкале эти линии становятся прямыми, их легко обрабатывать и вывести эмпирическую формулу типа:

$$P_z = C \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n$$

### ***Силы резания при точении.***

Знание сил резания необходимо для расчета на прочность инструмента, узлов станка, приспособлений и для расчета на жесткость технологической системы СПИД.

Система сил, действующих при точении на резец, может быть приведена к одной силе  $R$  (рисунок 12.1), называемой равнодействующей силой резания.

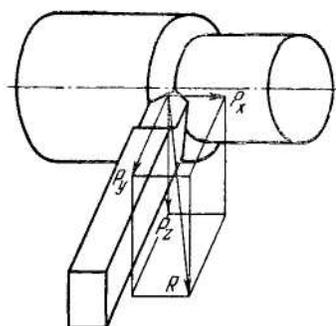


Рисунок 12. 1 – Составляющие силы резания при точении.

Силу  $R$  можно разложить на три составляющие:  $P_z$  – главную или тангенциальную составляющую силы резания (собственно силу резания), направленную по касательной к поверхности резания;  $P_y$  – радиальную составляющую силы резания, направленную в горизонтальной плоскости по радиусу обрабатываемой детали;  $P_x$  – силу подачи, или осевую силу, направленную в сторону, обратную направлению подачи. Между указанными силами имеется примерно следующее соотношение:

$$P_z : P_y : P_x = 1 : (0,55-0,4) : (0,45-0,25)$$

От силы  $P_z$  зависит мощность, затрачиваемая на процесс резания; по максимальной величине этой силы рассчитывают на прочность детали и узлы коробки скоростей станка, а также прочность резца.

Сила  $P_y$  вызывает изгиб обрабатываемой детали и способствует появлению вибраций; по максимальной величине этой силы рассчитывают на прочность механизм поперечной подачи, а также проводят расчет технологической системы на жесткость.

Сила  $P_x$  действует на механизм подачи токарного станка; по максимальной величине этой силы рассчитывают на прочность механизм продольной подачи.

### **12.5 Содержание отчета.**

В отчет включаются: цель работы, протокол измерений, по экспериментальным данным построить графики зависимостей  $P_z=f(t)$ ;  $P_z=f(S)$ ;  $P_z=f(v)$ ;  $P_z=f(\gamma)$ , сделать анализ экспериментальных данных и графиков, установить влияние различных факторов на силу резания.

### **12.6 Контрольные вопросы.**

1. Какие силы действуют на токарный резец в процессе резания и как они приводятся к одной равнодействующей?
2. Зачем условились раскладывать равнодействующую силу резания на составляющие  $P_z$ ,  $P_x$ ,  $P_y$ ?
3. Как используются значения составляющих сил резания в практических расчётах?
4. Какими приборами измеряются составляющие силы резания?
5. Как можно уменьшить радиальную силу  $P_y$ ?
6. Как уменьшить силу  $P_z$ ?

## 13 ИЗУЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЗЦОВ, ИХ ЗАТАЧИВАНИЕ

### 13.1 Цель работы

Изучить конструкции и геометрию резцов. Ознакомиться с приборами для измерения углов, овладеть техникой измерения геометрии резцов и приёмами заточки.

### 13.2 Оборудование и материалы на рабочем месте

13.2.1 Резцы токарные из различных инструментальных материалов.

13.2.2 Макет резца разрезной.

13.2.3 Плакаты резцов и мерительных инструментов.

13.2.4 Угломеры типа ЛМТ, шаблоны, линейка.

13.2.5 Заточной станок.

### 13.3 План выполнения работы

13.3.1 Предварительно по лекциям и учебникам усвоить основные понятия, относящиеся к конструкциям, назначению и геометрии токарных резцов.

13.3.2 Изучить маркировку, состав и режущие свойства инструментальных материалов.

13.3.3 Ответить преподавателю на поставленные вопросы.

13.3.4 Ознакомиться в лаборатории на рабочем месте с конструкциями резцов и других режущих инструментов, устройством угломеров и приёмами управления заточного станка.

13.3.5 Измерить геометрические параметры двух – трёх токарных резцов и результаты занести в протокол.

13.3.6 Заточить токарный резец вручную и на специальном резцезаточном станке. Проверить качество заточки.

13.3.7 Составить отчёт, заполнить протокол измерений (таблица 13.1).

Таблица 13.1 – Протокол измерений

№ п/п	Наименование резца	Размеры В×Н×L, мм	Материал режущей части	Углы в градусах						
				В плане			Главные			
				φ	φ <sub>1</sub>	ε	α	δ	β	λ

## 13.4 Справочные данные

**Токарные резцы** подразделяют по назначению, материалу рабочей части, форме головки и направлению подачи, конструкции, сечению тела резца (стержня) и т. д.

По назначению различают резцы проходные, подрезные, отрезные, расточные, галтельные, фасонные и резьбовые. На рисунке 13.1 показаны наиболее часто применяемые типы токарных резцов.

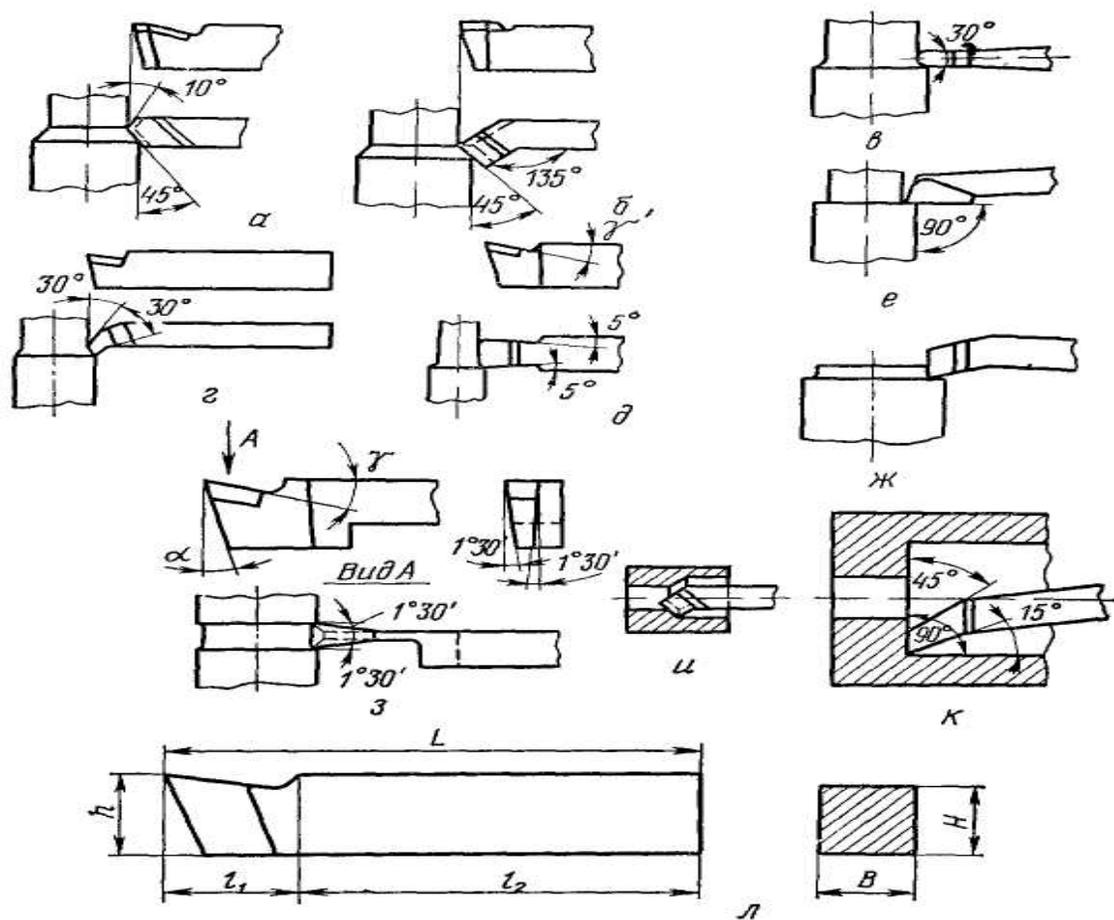


Рисунок 13.1– Основные разновидности токарных резцов

**Проходные резцы** применяют для наружной обточки: черновые (рисунок 13.1, а, б) и чистовые (рисунок 13.1, в, г, д).

**Подрезные резцы** применяют в основном для подрезания торцов. Проходной упорный резец (рисунок 13.1, е) имеет главный угол в плане  $\phi=90^\circ$ ; он работает с продольной подачей и одновременно подрезает торец. Подрезной резец (рис.13.1, ж) предназначен для подрезания торцов и работает с поперечной подачей.

**Отрезные резцы** (рисунок.13.1, з) применяют для разрезания заготовок и прорезания канавок. Отрезной резец имеет одну главную и две вспомогательные режущие кромки. Для уменьшения трения вспомогательные задние поверхности затачивают под углами  $1,5 - 2^\circ$ .

**Расточные резцы** применяют для растачивания отверстий, предварительно просверленных или полученных в процессе штамповки или отливки. Расточные резцы используют для растачивания сквозных отверстий (рисунок 13.1, и) и глухих отверстий (рисунок 13.1, к). Резцы для растачивания глухих отверстий имеют главный угол в плане  $\varphi \geq 90^\circ$ , а для растачивания сквозных отверстий  $\varphi = 45 - 60^\circ$ .

**Галтельные резцы** применяют для протачивания закруглений (галтелей). На рисунке 13.2. представлены типы токарных резцов в комплексе.

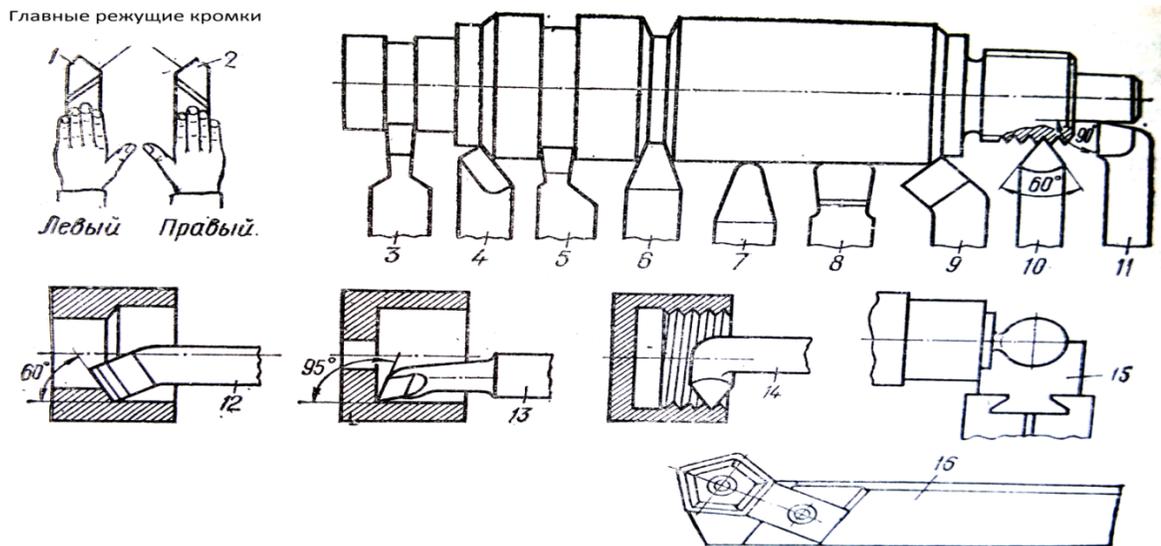


Рисунок 13.2 – Типы токарных резцов.

В качестве материала рабочей части токарных резцов используют быстрорежущие стали, твердые сплавы и минералокерамику. Углеродистые и легированные инструментальные стали для изготовления токарных резцов применяют редко.

**По форме головки и направлению подачи** проходные резцы подразделяют на правые и левые. У правых резцов (рисунок 13.1, а, б) главная режущая кромка расположена с левой стороны, и они работают с подачей справа налево (от задней бабки к передней). У левых резцов главная режущая кромка расположена справа, и работают они в обратном направлении, т. е. от передней бабки к задней.

Резцы могут иметь головки отогнутые (рисунок 13.1, б) вправо или влево, изогнутые вверх или вниз и оттянутые (рисунок 13.1, з).

**По сечению стержня** различают резцы прямоугольные, квадратные и круглые.

**По конструкции** резцы могут быть цельные (головка и тело сделаны из одного материала); с приваренной встык головкой (например, головка из быстрорежущей стали, а державка резца из малоуглеродистой стали); с припаянной пластинкой (твердого сплава или быстрорежущей стали) и резцы с механическим креплением режущих пластинок.

**Углы резца** рассматриваются в главной 1 (сечение ББ), вспомогательных секущих плоскостях 2 (сечение АА) и в плане (рисунок 13.3).

**Главная секущая плоскость** резца – плоскость, перпендикулярная к проекции главной режущей кромки на основную плоскость 3.

**Основной плоскостью** называют плоскость, параллельную продольной и поперечной подачам. Для токарного резца основной плоскостью служит нижняя опорная поверхность резца.

В главной секущей плоскости рассматриваются следующие углы: а) главный задний угол  $\alpha$  – угол между главной задней поверхностью резца и плоскостью резания (которая проходит через главную режущую кромку резца и касательна к поверхности резания); б) угол заострения  $\beta$  – угол между передней и главной задней поверхностью резца; в) передний угол  $\gamma$  – угол между передней поверхностью и плоскостью, перпендикулярной к плоскости резания 4 и проведенной через главную режущую кромку. Сумма углов  $\alpha+\beta+\gamma=90^\circ$ . Сумма углов  $\alpha$  и  $\beta$  называется **углом резания** и обозначается  $\delta$ . Таким образом, углом резания называется угол между передней поверхностью резца и плоскостью резания.

Условно считается, что угол  $\gamma$  может быть положительным и отрицательным. Отрицательный передний угол  $\gamma$  имеет место при угле резания  $\delta>90^\circ$ , в этом случае также выдерживается алгебраическое равенство  $\alpha+\beta+\gamma=90^\circ$ .

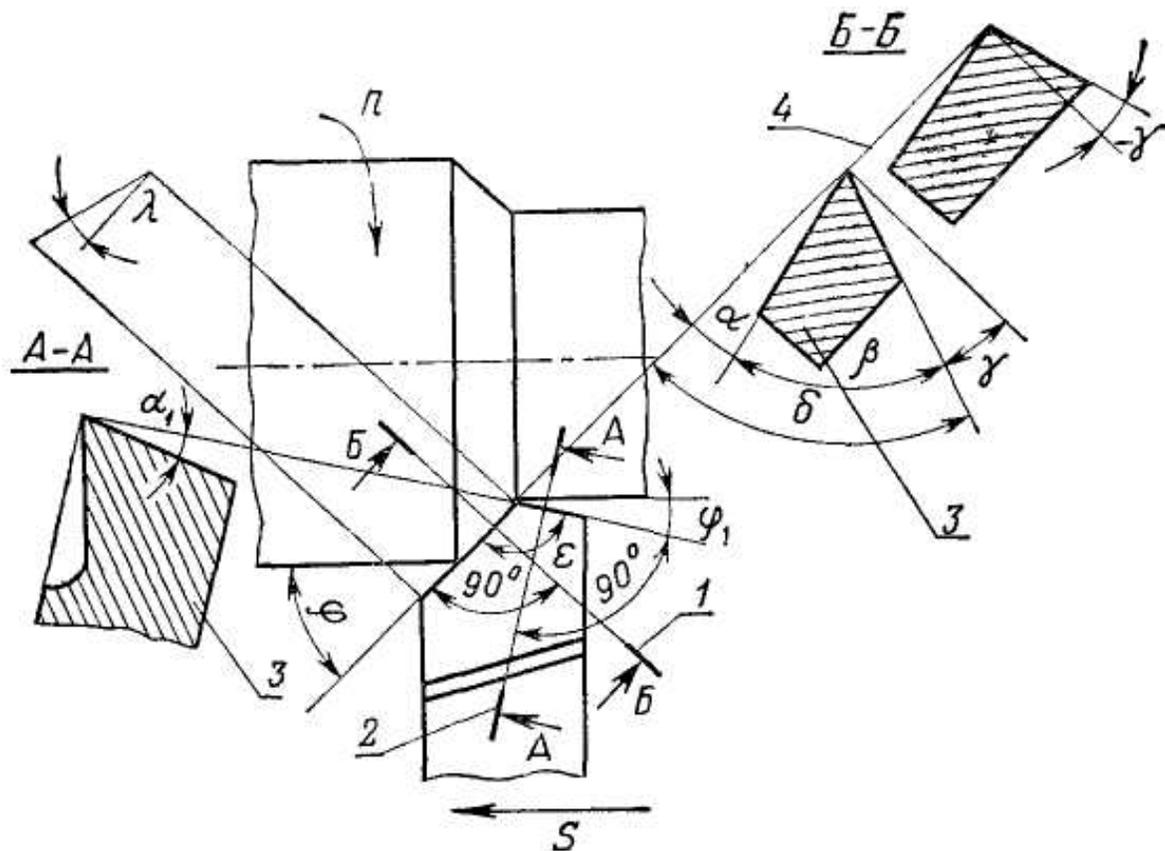


Рисунок 13.3 – Углы токарного реза:

- 1 – след главной секущей плоскости; 2 – след вспомогательной секущей плоскости;  
3 – основная плоскость; 4 – плоскость резания.

Кроме главной секущей плоскости, имеется вспомогательная секущая плоскость 2, которая проводится перпендикулярно к проекции главной режущей кромки на основную плоскость 3. В этой плоскости обычно рассматривается только один вспомогательный задний угол  $\alpha_1$ , равный по величине главному заднему углу  $\alpha$ .

При рассмотрении сверху (в плане) проходного реза, установленного на суппорте токарного станка, видны следующие углы реза (рисунок 13.3).

**Главный угол в плане  $\varphi$**  – угол между проекцией на основную плоскость главной режущей кромки реза и направлением продольной подачи.

**Вспомогательный угол в плане  $\varphi_1$**  – угол между проекцией на основную плоскость вспомогательной режущей кромки и направлением подачи.

**Угол при вершине  $\varepsilon$**  – угол между проекциями режущих кромок на основную плоскость. Сумма углов  $\varphi$ ,  $\varphi_1$  и  $\varepsilon$  равна  $180^\circ$ .

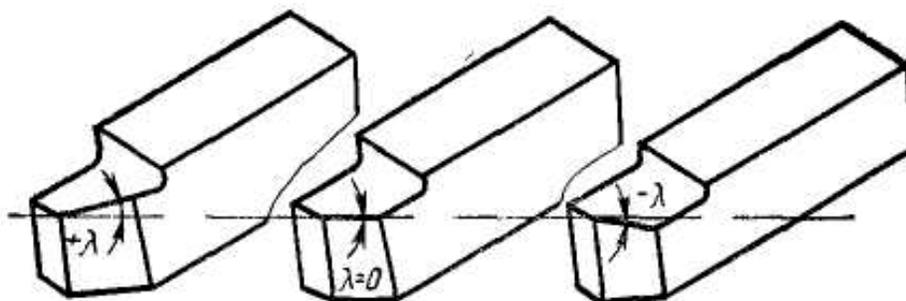


Рисунок 13.4 – Угол наклона главной режущей кромки резца

*Угол наклона главной режущей кромки  $\lambda$*  – угол между главной режущей кромкой и линией, проведенной через вершину резца параллельно основной плоскости (рисунок 13.4). Этот угол измеряется в плоскости, проходящей через главную режущую кромку перпендикулярно основной плоскости. Угол  $\lambda$  считается положительным, когда вершина резца является низшей точкой режущей кромки; отрицательным, если вершина резца является высшей точкой режущей кромки; равным нулю, когда главная режущая кромка параллельна основной плоскости.

Углы режущей части резца влияют на процесс резания. Задние углы  $\alpha_1$  уменьшают трение между задними поверхностями инструмента и поверхностью обрабатываемой заготовки, что снижает силы резания и уменьшает износ резца; однако чрезмерное увеличение заднего угла приводит к ослаблению режущей кромки резца. Рекомендуется при обработке стальных и чугуновых деталей задние углы выполнять в пределах  $6 - 12^\circ$ .

С увеличением переднего угла  $\gamma$  уменьшается работа резания и повышается класс шероховатости обработанной поверхности. При обработке мягких сталей  $\gamma = 8 - 20^\circ$ , а при обработке весьма твердых сталей делают даже отрицательный угол, т.е.

$$\gamma = - (5-10^\circ).$$

Главный угол в плане  $\phi$  определяет соотношение между радиальной и осевой силами резания. При обработке деталей малой жесткости угол  $\phi$  берут близким или равным  $90^\circ$ , так как в этом случае радиальная сила, вызывающая изгиб детали, минимальна. В зависимости от условий работы принимают  $\phi = 10-90^\circ$ . Наиболее распространенное значение угла  $\phi$  резца в плане при обработке на универсальных токарных станках равно  $45^\circ$ . Вспомогательный угол в плане  $\phi_1 = 0 - 45^\circ$ ; наиболее распространен  $\phi_1 = 12-15^\circ$ .

Угол наклона главной режущей кромки  $\lambda$  определяет направление схода стружки. При положительном  $\lambda$  стружка имеет направление на обработанную поверхность, при отрицательном  $\lambda$  – на обрабатываемую поверхность. Угол  $\lambda$  часто принимают равным  $0^\circ$ . При чистовой обработке принимать угол  $\lambda$  положительным не рекомендуется, так как сходящая стружка может увеличить шероховатость обработанной поверхности.

Углы в плане – главный  $\varphi$  и вспомогательный  $\varphi_1$  – измеряются в проекции на основную плоскость. Для этого при использовании универсального угломера типа ЛМТ (Ленинградский механический техникум) резец устанавливается основанием на столик, подводятся к режущим кромкам резца поочередно горизонтальные измерительные линейки угломера, и на горизонтальной шкале отчитываются показания углов.

Угол при вершине в плане  $\varepsilon$  вычисляется из зависимости:

$$\varepsilon = 180 - (\varphi + \varphi_1)$$

Главные углы – задний  $\alpha$  и передний  $\gamma$  – измеряются в главной секущей плоскости. Для этого вертикальная шкала угломера, считается секущей плоскостью, располагается перпендикулярно к проекции главной режущей кромки на основную плоскость. Затем при касании измерительных линеек вертикальной шкалы то к задней, то к передней граням резца отчитываются показания заднего и переднего углов. Величина угла резания  $\delta$  и угла заострения  $\beta$  определяется из соотношения:

$$\delta = 90 - \gamma$$

$$\beta = 90 - (\alpha + \gamma)$$

Вспомогательные углы измеряются аналогичным образом, на резец поворачивается так, чтобы проекция его вспомогательной режущей кромки на основную плоскость расположилась перпендикулярно вертикальной измерительной шкале (это будет вспомогательная секущая плоскость).

Для измерения  $\lambda$  угла наклона главной режущей кромки к основной плоскости совмещается измерительная линейка вертикальной шкалы угломера, по которой производится отчет.

Необходимые величины углов резца получаются за счет навыка рабочего при заточке на точиле или за счет правильной установки резца в приспособлении при работе на заточном станке. Высокопроизводительное и высококачественное затачивание резцов будет только при правильном выборе характеристики шлифовального круга и режима резания (Приложение 13.1).

Направление вращения круга должно быть от режущей кромки на тело, чтобы не происходило складывания режущей кромки.

Для повышения работоспособности резцов после заточки производится доводка. Доводке подвергаются узкие полоски (1–3 мм) передней и задней граней вдоль режущих кромок. Доводка осуществляется на алмазных кругах или чугунных дисках, шаржированных порошком карбида бора.

В лаборатории резцы затачиваются на станке модели 364В. На нем установлены заточной (абразивный) и доводочный (алмазный) круги. Станок имеет две ступени чисел оборотов (1420 и 2850 об/мин), которые обеспечивают скорость резания 13 и 30 м/сек.

Продольная подача обеспечивается за счет качательных движений стола от двух пружин. Длина качания регулируется упорами. Поперечная подача стола на круг осуществляется в ручную рукояткой из расчета 0,01–0,05 мм за двойной продольный ход стола.

Резец устанавливается в приспособлении на столе. Величина главного  $\varphi$  и вспомогательного  $\varphi_1$  углов в плане настраивается по транспортиру, а задних углов (главного  $\alpha$  и вспомогательного  $\alpha_1$ ) – поворотом столика. При заточке быстрорежущих инструментов следует применять охлаждение.

## Свёрла

Сверла, зенкеры и развертки изготавливают из сталей P18, P9, 9ХС, а также оснащают твердыми сплавами.

В зависимости от конструкции и назначения различают следующие типы сверл: спиральные, перовые, для глубокого сверления, центровочные, с пластинками из твердых сплавов и др. Наиболее распространены спиральные сверла.

На рисунке 13.5 показана конструкция спиральных сверл с коническим и цилиндрическим хвостовиками. Сверло состоит из рабочей части 1 (включающей режущую часть 2), шейки 3 и хвостовика 4 с лапкой 5 (или поводком 6). Элементы рабочей части спирального сверла показаны на рисунке 13.6. Благодаря двум спиральным канавкам сверло имеет два зуба 8 со спинками 9. Ленточка 6 сверла – узкая полоска на его цилиндрической поверхности – расположена вдоль винтовой канавки; она направляет сверло при резании.

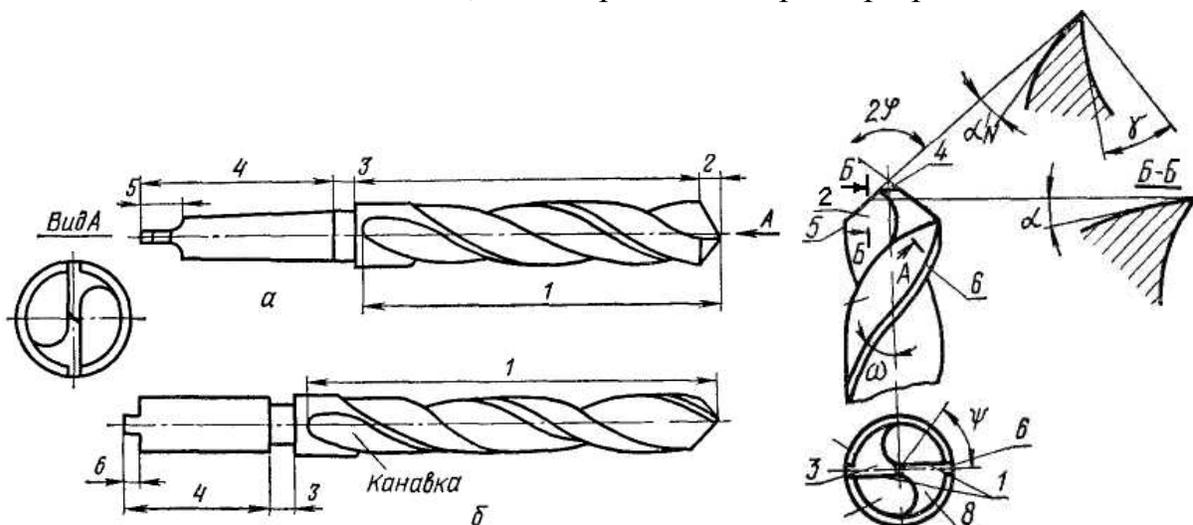


Рисунок 13.5 – Спиральные сверла:  
а – с коническим хвостовиком;  
б – с цилиндрическим хвостовиком

Рисунок 13.6 – Элементы рабочей части спирального сверла

Сверло имеет пять режущих кромок: две главные 1, поперечную 4 и две вспомогательные 5. Главные режущие кромки выполняют основную работу резания. Они образованы пересечением передних 2 (винтовые поверхности 7, по которым сходит стружка) и задних 3 (поверхности, обращенные к поверхности резания) поверхностей. Поперечные режущие кромки 4 образованы пересечением обеих задних поверхностей 3. Вспомогательные режущие кромки 5 образованы пересечением передней поверхности с поверхностью ленточки 6. вспомо-

гательные режущие кромки 5 принимают участие в резании по длине, определяемой величиной подачи. Угол наклона винтовой канавки  $\omega$  – угол между осью сверла и касательной к винтовой линии по наружному диаметру сверла. Обычно этот угол берется в пределах 18–30°. Угол наклона поперечного режущего лезвия  $\psi$  – острый угол между проекциями поперечной и главной режущих кромок на плоскость, перпендикулярную к оси сверла. Обычно этот угол равен 50–55°. Угол при вершине  $2\phi$  – угол между главными режущими кромками. Этот угол при сверлении стали средней твердости равен 116–120°, твердых сталей – 125°. Передний угол  $\gamma$  – угол между касательной к передней поверхности в рассматриваемой точке режущей кромки и нормалью в той же точке к поверхности вращения режущей кромки вокруг оси сверла. Передний угол рассматривается в плоскости АА, перпендикулярной к режущей кромке. По длине режущей кромки передний угол  $\gamma$  имеет переменное значение. По мере приближения к оси сверла передний угол уменьшается, а у поперечного режущего лезвия он принимает отрицательное значение.

Передний угол на периферии сверла (в главной секущей плоскости, перпендикулярной главной режущей кромке) определяют по формуле:

$$\operatorname{tg} \gamma = \operatorname{tg} \omega / \sin \phi.$$

Угол  $\omega$  определяется по наружному диаметру сверла. Однако следует иметь в виду, что угол наклона канавки различен в разных точках режущей кромки. У периферии угол  $\omega$  наибольший, а по мере приближения к центру уменьшается. Для любой точки режущей кромки на диаметре  $d_x \operatorname{tg} \omega_x = \pi d_x / H$ , где  $H$  – шаг спирали сверла.

Следовательно,  $\frac{\operatorname{tg} \omega_x}{\operatorname{tg} \omega} = \frac{d_x}{d}$ , где  $d$  – наружный диаметр сверла.

Таким образом, передний угол  $\gamma_x$  в главной секущей плоскости для любого диаметра  $d_x$  можно определить из выражения

$$\operatorname{tg} \gamma_x = \frac{\operatorname{tg} \omega}{\sin \phi} \times \frac{d_x}{d}$$

Задний угол  $\alpha$  – угол между касательной к задней поверхности в рассматриваемой точке режущей кромки и касательной в той же точке к окружности ее вращения вокруг оси сверла. Этот угол рассматривается в плоскости ББ, направленной по касательной и окружности в данной точке и параллельной оси

сверла. Задний угол  $\alpha_N$  в нормальной плоскости AA может быть определен по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \operatorname{tg} \alpha \sin \varphi$$

Задний угол сверла – величина переменная: у периферии  $\alpha=8-14^\circ$ ; по мере приближения к поперечной режущей кромке задний угол возрастает, достигая  $20-26^\circ$ .

Для уменьшения трения направляющих ленточек в отверстии сверлу придают обратную конусность, представляющую разность диаметров по ленточкам у режущего конуса и на другом конце рабочей части сверла. Обратная конусность у шлифованных сверл составляет  $0,03-0,10$  мм на 100 мм длины рабочей части сверла.

### 13.5 Содержание отчета

В отчет должны быть включены: цель работы, протокол измерений (таблица 13.1), эскизы резцов с необходимыми сечениями и постановкой всех линейных и угловых резцов.

### 13.6 Контрольные вопросы

13.6.1. Устройство резца (сверла).

13.6.2. Как классифицируются резцы (свёрла):

13.6.3. В каких координатных плоскостях рассматриваются углы резца? Дать определение и схематическое изображение этих плоскостей.

13.6.4. Как определяются углы резца (сверла).

13.6.5. Из каких инструментальных материалов изготавливаются резцы (свёрла)? Маркировка, химический состав и режущие свойства этих материалов.

13.6.6. Как и где затачиваются затупленные резцы (свёрла)?

### Приложение 13.1

#### Характеристики шлифовальных кругов

Характеристика круга	Затачивание быстрорежущих сталей	Затачивание твердых сплавов
Материал абразивных зерен	Э,ЭБ	КЗ

Характеристика круга	Затачивание быстрорежущих сталей	Затачивание твердых сплавов
Зернистость	25–50	20–30
Связка	К	К или Б
Твердость круга	СМ, С, СТ	М,СМ
Структура	4–7	3–5
Скорость резания, м/сек	20–40	15–20

## **14 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ШВОВ**

### **14.1 Цель работы**

Освоить методику проверки качества сварных соединений и швов. Изучить основные виды дефектов сварных швов, возникающих при сварке изделий, научиться определять их и делать заключение о причинах их появления и способах предупреждения и устранения.

### **14.2 Задание**

1. Изучить основные положения ГОСТ 5264–80 «Ручная дуговая сварка. Соединения сварные».
2. Уяснить основные этапы комплекса мероприятий по контролю качества сварочных работ.
3. Изучить классификацию дефектов сварных швов.
4. Ознакомиться в лаборатории с различными методами контроля качества сварных соединений и швов.
5. Выполнить экспериментальную часть, определить вид дефекта сварного шва, указать причины его вызвавшие, дать заключение о способах его устранения и предупреждения.
6. Составить отчёт.

### **14.3 Оборудование рабочего места**

Набор эталонных дефектов сварных соединений и швов; образцы сварных соединений и швов, имеющих дефекты; ультразвуковой дефектоскоп.

### **14.4 План выполнения работы**

14.4.1. Изучить теоретический материал, относящийся к теме лабораторной работы. Уяснить причины появления внутренних напряжений и деформаций, приводящие к появлению дефектов. Меры их уменьшения и предупреждения.

14.4.2. Изучить этапы системы контроля качества сварных соединений и швов.

14.4.3. Изучить классификацию дефектов, их название, характерные особенности, причины появления и способы устранения.

14.4.4. Провести исследование качества сварного шва с помощью ультразвукового дефектоскопа.

14.4.5. Дать заключение о качестве сварного соединения (по заданию преподавателя) методом визуального контроля. Указать способы устранения выявленных дефектов.

## 14.5 Справочные данные

### *Причины, приводящие к нарушению качества сварочных соединений и швов*

Качество сварных соединений определяет надёжность и долговечность работы машин, оборудования, различных конструкций, рабочих органов, изготовленных или восстановленных с использованием сварки.

При сварке металлов, особенно сварке плавлением, в процессе их нагрева и последующего охлаждения возникают значительные внутренние напряжения, приводящие к остаточным напряжениям и деформациям.

К числу причин, вызывающих напряжения и деформации при сварке относятся следующие: неравномерный нагрев; усадка наплавленного металла при переходе его в твёрдое состояние; структурные изменения наплавленного или основного металла в зоне термического влияния, сопровождающиеся изменением его объёма и др.

Напряжения, возникающие вследствие изменений структуры металла, характерны только для сталей, склонных к закалке, особенно легированных, т.к. образование мартенсита сопровождается увеличением объёма металла. Эти напряжения могут суммироваться в отдельных участках сварного соединения и приводить там к образованию трещин.

На рисунке 14.1 представлены структурные превращения в зоне термического влияния.

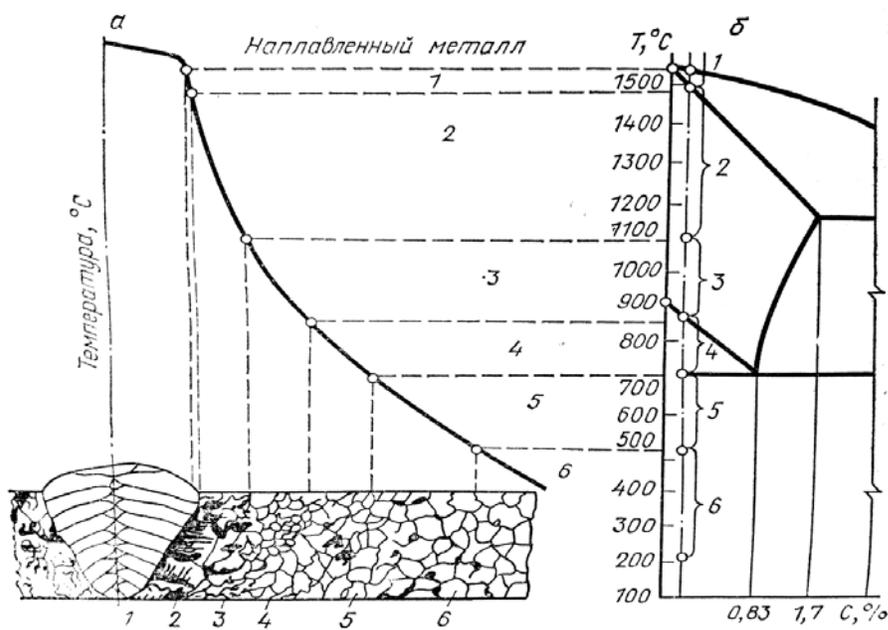


Рисунок 14.1– Структурные превращения в зоне термического влияния

Участок 1 называется «переходной зоной» или «зоной сплавления» и имеет небольшую ширину (0,1–0,4мм), состоит из частично оплавленных зерен основного металла.

Участок 2 – «участок перегрева», состоит из металла, нагретого на 50–100 °С ниже температуры плавления, его ширина 1–3мм. Из-за роста аустенитного зерна металл обладает пониженными пластичностью и прочностью.

Участок 3 – «участок перекристаллизации (нормализации)». На этом участке создаются условия для образования мелкозернистой вторичной структуры за счет нагрева до температуры 1100–1150 °С, выше линии  $A_{c3}$ . Ширина участка 1–4мм.

Участок 4 – «участок неполной перекристаллизации», металл нагрет до  $A_{c1}$ . Здесь наряду с зернами металла, не изменившимися при нагреве присутствуют зерна, образовавшиеся при перекристаллизации.

Участок 5 – «участок рекристаллизации или старения» включает металл, нагретый от 500 °С до температуры  $A_{c1}$ .

Участок 6 с нагревом до 100–500 °С не претерпевает структурных изменений.

Величина деформаций и напряжений зависит также от вида сварки, формы деталей, их размеров и зоны нагрева металла. Так при электродуговой сварке деталей простой формы напряжения и деформации менее выражены. Газовая сварка вызывает повышенные деформации вследствие наличия большей зоны термического влияния.

Кроме указанных технологических факторов, приводящих к возможному появлению дефектов при сварке, существуют и другие, связанные с неправильным подбором оборудования, электродов или присадочного материала, выбором режимов сварки.

Важное значение для получения требуемого качества имеет предварительная подготовка изделий к сварке – подготовка кромок, выполнение разделки и очистки зоны сварного шва, величина нахлёста деталей и др.

И наконец, определяющим фактором качества сварных соединений и швов является квалификация сварщика и техника выполнения работы.

### ***Этапы комплекса мероприятий по контролю качества сварки***

Контроль качества сварных соединений и швов осуществляется как до начала самого процесса сварки, так и ходе его выполнения и завершения.

В системе комплекса мероприятий контроля качества сварных соединений выделяют три этапа:

**1 Предварительный контроль.** Он включает в себя проверку качества металла свариваемых изделий на соответствие сертификату по физико-механическим и химическим показателям; правильный выбор электродного или присадочного материала; флюса; проверку состояния сварочной аппаратуры и оборудования (газовой горелки, наконечников) и правильный их подбор.

На этом этапе определяют режим сварки, устанавливают расчётную величину сварочного тока, регулируют пламя газовой горелки. Проверяют качество предварительной подготовки кромок свариваемых изделий в соответствии с ГОСТ 5264–80, уясняют основные элементы и приёмы техники выполнения работы сварщиком – угол наклона электрода, скорость сварки, порядок наложения шва и др.

**2 Текущий контроль.** Его содержанием является проверка качества шва внешним осмотром, наблюдение за состоянием сварочной аппаратуры, уточнение режима сварки.

**3 Окончательный контроль.** Выполняется по завершении работы и является определяющим при приёмке изделия и определении затрат на его изготовление, включая оплату труда сварщика.

Окончательный контроль выполняется путём: внешнего осмотра сварного соединения; обмера сварного шва на соответствие требованиям ГОСТ 5264–80; испытания прочности, однородности и плотности наплавленного металла. Наличие течей, трещин, пор, прожогов определяют с использованием воды, воздуха, керосина, аммиака, вакуума. Для определения внутренних дефектов сварного шва используют просвечивание рентгеновскими – или гамма лучами; проводят металлографические исследования; механические испытания. Для подобных случаев используют ультразвуковой дефектоскоп; люминесцентный и магнитный методы контроля.

На предварительном этапе контроля важно правильно оценить свариваемость металлов и назначить оптимальную технологию сварки.

На заключительном этапе используют не все перечисленные методы контроля. Метод контроля качества сварных соединений и швов выбирают в зависимости от назначения сварного изделия, требований, предъявляемых к тому изделию техническими условиями.

При выборе необходимого метода контроля следует также руководствоваться требованиями ГОСТ 3242–79.

**Обязательному внешнему осмотру** подлежат все сварные соединения и варочные швы независимо от их назначения, технических условий и последующих методов контроля.

Внешним осмотром выявляют несоответствие геометрически параметров шва требованиям ГОСТ 5264–80; наличие наплавов, подрезов, прожогов, трещин, газовых пор и других дефектов. При этом также определяют: величину и характер возможных деформаций сварного изделия, и способы и устранения.

Просвечиванием ультразвуковым дефектоскопом и другими подобными методами и приборами, относящимися к **неразрушающим методам контроля** определяют дефекты сварного шва и металла на любой глубине (толщине).

**Металлографическими методами** контроля выявляют дефект внутреннего строения наплавленного металла шва и околошовной зоны неоднородность структуры, наличие пор, неметаллических включений. Эти методы относятся к **разрушающим методам контроля**.

Для особо ответственных конструкций и сварных изделий проводя **механические испытания сварных соединений** состоящие из статических динамических испытаний.

**При статических** испытаниях сварные изделия подвергают растяжению, сжатию, изгибу (загибу), определяют твёрдость.

**При динамических** испытаниях проводят ударные испытания, испытания на усталость и вибрационные испытания.

Порядок и условия испытаний регламентируются стандартом.

В практике инженера наиболее часто используемыми методами контроля качества сварных соединений и швов является внешний осмотр, несложны неразрушающие методы контроля, например, проверка целостности наплавленного металла шва.

Ниже приводится классификационная таблица наиболее распространённых дефектов сварных швов, приводится их название, даётся: описание, причина появления и способ устранения (таблица 1).

#### **14.6. Содержание отчёта**

В отчёте указываются цель работы, факторы, влияющие на качество сварных соединений и швов. При водятся этапы контроля системы мероприятий качества сварных соединений и швов. Описываются методы контроля качества.

Приводятся результаты качества сварного соединения по образцу с указанием выявленного дефекта или дефектов, его изображением, объяснением при-

чин его появления и способа устранения с занесением их в таблицу 14.1 (см. Приложение) (выполняются по индивидуальному заданию).

#### **14.7. Контрольные вопросы**

14.7.1. Какие факторы влияют на качество сварки?

14.7.2. Влияние качества сварки на долговечность работы машин, оборудования, рабочих органов, различных конструкций – мостов, опор, металлических ферм и др.

14.7.3. Что является причиной неоднородности структуры металла в сварном шве и в зоне термического влияния?

14.7.4. Что входит в понятие «Контроль качества сварки»?

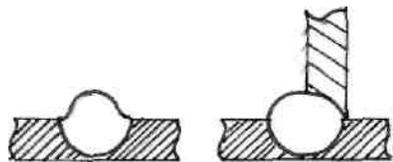
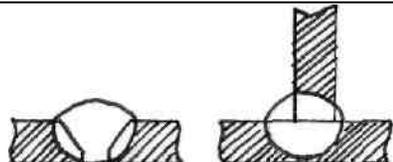
14.7.5. Каково назначение предварительного, текущего и окончательного этапов контроля?

14.7.6. Назовите методы окончательного контроля качества сварных швов?

14.7.7. Какие дефекты выявляются при внешнем осмотре, испытании водой, воздухом, керосином, просвечивании рентгеновскими или гамма лучами?

14.7.8. Показатели качества сварных соединений, определяемые механическими испытаниями.

Таблица 14.1 – Основные виды дефектов при сварке

Вид де- фекта	Схема дефекта	Описание дефекта	Причины образования де- фекта	Способы пре- дупреждения или устранения дефекта
1	2	3	4	5
Подрезы		Углубления в местах пере- ода основного металла и сва- рочного шва	Повышенная сила свароч- ного тока. Увеличенная длина дуги. Неправиль- ный наклон электрода	Соблюдать технологии сварки. Запла- вить дефект
Наплавы		Натекание жидкого металла электрода на нерасплавлен- ную поверхность детали	Слишком быстрое плав- ление электрода. Завы- шенная мощность свароч- ного пламени. Малая ско- рость сварки	Правильно вы- брать режим сварки. Напла- вы срубить зу- билком.
Непровары		Несплавление между валика- ми, а также шва с основным металлом по всему сечению	Плохая подготовка кромки. Недостаточная мощность пламени. Малый сварочный ток. Большая скорость сварки.	Соблюдать технологии и режим сварки. Вырубить де- фект и повтор- но заварить.
Прожоги		Нарушение целостности сварного шва по глубине.	Большой сварочный ток. Неравномерная скорость сварки	Соблюдать ре- жим сварки. Зазор запла- вить

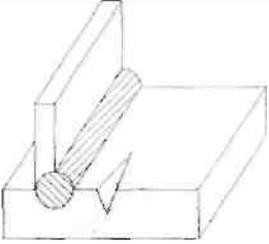
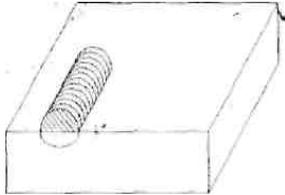
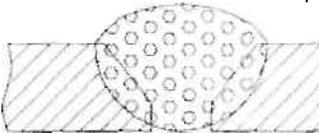
1	2	3	4	5
Трещины		Нарушение целостности металла в околошовной зоне и в сварном шве.	Завышенные остаточные напряжения. Жесткое закрепление деталей. Появление хрупких закалочных структур металла.	Предварительно подогреть детали. Медленно охлаждать после сварки.
Кратеры		Незаплавленное углубление в конце сварного шва.	Неправильный угол наклона электрода. Преждевременно закончена сварка	Соблюдать технологию сварки. Заплавить углубление.
Газовые поры, шлаковые включения, раковины		Пустоты мелкие и неметаллические включения по всему сечению шва. Пустоты единичные.	Металл пересыщен газами. Наличие влаги, ржавчины. Плохая защита сварочной ванны от воздуха.	Прокаливать электроды. Правильно готовить кромки изделий под сварку. Варить под слоем флюса или качественными электродами. Вырубить и варить повторно.

Таблица 14.1 – Результаты исследований качества сварного соединения

Вид соединения	Вид дефекта	Схема дефекта	Описание дефекта	Причины появления	Способ предупреждения или устранения
	1.				
	2.				
	3.				

## ЛИТЕРАТУРА

1. Фетисов Г.П., Карпман М.Г., Матюнин В.М. и др. Материаловедение и технология металлов. М, Высшая школа, 2000.

2. Полухин, П.И. Технология металлов и сварки. – М.: Высшая школа, 1978.

3. Сучков, О.К. Технология конструкционных материалов. – М.: Колос, 1979.

4. Кондратьев, Е.Т. Технология конструкционных материалов и материаловедение. – М.: Колос, 1983.

5. Прейс Г.А. Технология конструкционных материалов. – Киев: Высшая школа, 1964.

6. Справочник сварщика. Под редакцией Степанова В.В. М, Машиностроение, 1962.

7. Методические указания для лабораторных работ по курсу «Технология конструкционных материалов». // Составители: доценты Тарасенко Б. Ф., Цуканов В.П. под редакцией профессора Медовника А. Н. // КубГАУ, Краснодар, 2004 г. 125 стр.

8. Колесов С.Н. Материаловедение и технология конструкционных материалов. – М.: Высшая школа, 2007 г, 534с.

Учебное издание

**Тарасенко** Борис Федорович  
**Швецов** Алексей Алексеевич  
**Яковлев** Николай Федорович

## **ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*Практикум*

В авторской редакции

Подписано в печать 10.12. 2014. Формат 60×84<sub>1/16</sub>.

Усл. печ. л. – 7. Уч. изд. л. – 5,5.

Тираж 200 экз. Заказ №

Типография Кубанского государственного  
аграрного университета.  
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13