

А.С. Климов, И.В. Смирнов

**ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ
КОНТАКТНОЙ СВАРКИ**

*Учебно-методическое пособие
по выполнению курсовой работы*

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Тольяттинский государственный университет

Автомеханический институт
Кафедра «Оборудование и технология сварочного
производства и пайки»

А.С. Климов, И.В. Смирнов

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ
КОНТАКТНОЙ СВАРКИ

Учебно-методическое пособие
по выполнению курсовой работы

Тольятти 2008

УДК 621.791.76
ББК 34.641
К49

Рецензент:

к.т.н., доцент кафедры «Технология машиностроения»
Тольяттинского государственного университета *А.В. Щипанов*.

К49 Климов, А.С. Технология и оборудование контактной сварки : учеб.-метод. пособие по выполнению курсовой работы / А.С. Климов, И.В. Смирнов. — Тольятти : ТГУ, 2008. — 48 с.

Представлены требования к написанию курсовой работы по дисциплине «Технология и оборудование контактной сварки»; даны справочные материалы; изложены методики выбора параметров режима контактной точечной сварки, расчёта вторичного контура, выбора сварочного трансформатора при проектировании контактных сварочных машин.

Для студентов очной и заочной форм обучения.

Научный редактор: доктор технических наук, профессор *В.П. Сидоров*.

Рекомендовано к изданию методической комиссией автомеханического института Тольяттинского государственного университета.

© Тольяттинский государственный университет, 2008
© А.С. Климов, И.В. Смирнов, 2008

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Цель курсовой работы

Цель курсовой работы по дисциплине «Технология и оборудование контактной сварки» – обучение студента разработке элементов оборудования и основам технологии контактной точечной сварки конкретной детали.

В данной работе рассматриваются следующие вопросы: расчёт параметров режима контактной точечной сварки, проектирование сварочных электродов, проектирование вторичного контура контактной машины, расчёт электрических параметров контактной сварочной машины, выбор стандартного трансформатора для контактной сварки.

1.2. Порядок выполнения курсовой работы

1. Получить у преподавателя задание, содержащее эскиз свариваемой детали, количество и расположение сварных точек, материал и толщину свариваемых деталей.

2. Выполнить чертёж детали. При этом если в задании не указаны некоторые размеры, то их студент должен определить конструктивно или согласовать с преподавателем.

3. Определить геометрические параметры точечных сварных соединений и выполнить эскиз сварной точки по ГОСТ 15878-79.

4. Спроектировать сварочные электроды.

5. Выполнить чертёж сварочных электродов. При этом если верхний сварочный электрод отличается от нижнего, то необходимо выполнять два отдельных чертежа электродов.

6. Рассчитать параметры режима контактной точечной сварки в зависимости от материала и толщины свариваемых деталей, шага между сварными точками.

7. Спроектировать элементы вторичного контура контактной сварочной машины.

8. Выполнить сборочный чертёж вторичного контура с указанием основных размеров, обозначить его составляющие элементы.

9. Выполнить сборочные чертежи верхнего и нижнего электродных узлов, при этом показать их водяное охлаждение.

10. Подобрать стандартный сварочный трансформатор.

11. Обозначить спроектированную контактную машину по ГОСТ 297-80.

1.3. Требования к пояснительной записке и графической части

Пояснительная записка выполняется на листах формата А4. Общий её объём не лимитирован, однако она должна соответствовать требованиям п. 1.2. Оформление пояснительной записки должно соответствовать правилам и требованиям, действующим в вузе.

Графическая часть выполняется на листах форматом А4 или А3 и включает в себя:

- чертёж свариваемой детали (формат А3 или А4);
- чертёж сварочных электродов (формат А4);
- сборочный чертёж вторичного контура (формат А3);
- сборочные чертежи верхнего и нижнего электродных узлов (формат А4 или А3).

2. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

2.1. Задание геометрических параметров точечных сварных соединений по ГОСТ 15878-79

Контактная точечная сварка применяется преимущественно для соединения деталей внахлестку. При точечной сварке обязательно получение литого ядра, диаметр которого d является основным параметром соединения. Другими параметрами, характеризующими соединение, являются согласно ГОСТ 15878-79 величины проплавления h и h_1 , глубины вмятины g и g_1 (рис. 1).

ГОСТ 15878-79 регламентирует две группы точечных соединений: группа А и группа Б (табл. 1). Соединения группы А имеют литую зону большего диаметра по сравнению с соединениями группы Б, обладают более высокой прочностью, но требуют большей нахлестки. Группа соединения должна устанавливаться при проектировании в зависимости от требований к сварной конструкции и особенностей процесса сварки.

Прочность отдельной сваренной точки определяется маркой сплава, толщиной свариваемых деталей s и диаметром литого ядра. Высота литого ядра (величина проплавления) на прочность практически не влияет и может изменяться в широких пределах. Допустимая величина проплавления для магниевых сплавов составляет 20...70 %, для титановых – 20...95 % и для остальных металлов и сплавов – 20...80 % толщины деталей. При меньшем проплавлении трудно обеспечить стабильность размеров и прочность соединений, большее проплавление приводит к перегреву поверхности деталей, снижению их коррозионной стойкости и повышенному износу электродов.

Диаметр наружного отпечатка (вмятины) от электрода не связан однозначно с диаметром ядра и не характеризует прочности сварного соединения. Глубина отпечатка не должна превышать 20 % толщины при сварке деталей одинаковой толщины и 30 % при сварке деталей разной толщины.

В пояснительной записке должны быть представлены:

- 1) описание материала изделия, его свариваемость, основные теплофизические и механические свойства (желательно в виде таблицы);
- 2) геометрические размеры точечных сварных соединений по ГОСТ 1587879 и их эскиз, выполненный в масштабе.

Таблица 1

*Геометрические параметры точечных сварных соединений
по ГОСТ 15878-79*

Толщина детали, мм	Параметры соединений, мм									
	Группа А					Группа Б				
	d, не менее	В, не менее		t, не менее	с, не менее	d, не менее	В, не менее		t, не менее	с, не менее
		чёрные металлы и сплавы	цветные металлы и сплавы				чёрные металлы и сплавы	цветные металлы и сплавы		
0,3...0,4	2,7	7	10	8	9	1,7	5	7	7	8,5
0,4...0,5 0,5...0,6	3	8		10	12	2 2,2	6 7	8 9	8	10
0,6...0,7 0,7...0,8	3,3 3,5	9 10	12	11 13	13 15,5	2,5	8	10	10	12
0,8...1,0	4	11	14	15	18	3	9	12	12	15
1,0...1,3	5	13	16	17	20,5	3,5	10	13	14	16
1,3...1,6	6	14	18	20	24	4	11	14	16	18
1,6...1,8	6,5	15	19	22	26	4,5	12	15	18	19,5
1,8...2,2	7	17	20	25	30	5	13	16	20	24
2,2...2,7	8	19	22	30	36	6	15	18	23	27
2,7...3,2	9	21	26	35	42	7	17	20	26	31
3,2...3,7	10,5	24	28	40	48					
3,7...4,2	12	28	32	45	54					
4,2...4,7	13	31	36	50	60					
4,7...5,2	14	34	40	55	66	-	-	-	-	-
5,2...5,7	15	38	46	60	72					
5,7...6,0	16	42	50	65	78					

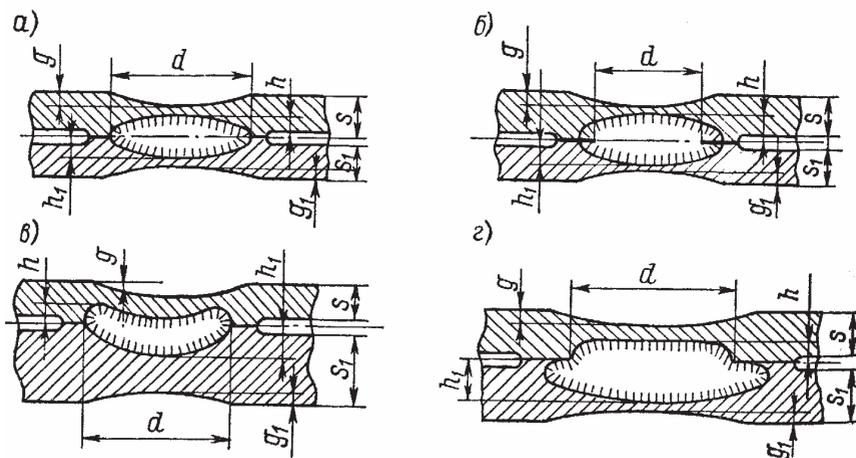


Рис. 1. Конструктивные элементы сварных соединений, выполненных точечной сваркой: а) неплакированные металлы; б) плакированные металлы; в) детали неравной толщины; г) разноимённые металлы

2.2. Расчёт параметров режима контактной точечной сварки

Исходными данными для расчета значений параметров режима контактной точечной сварки являются:

- 1) материал изделия и его теплофизические свойства;
- 2) толщина соединяемых деталей;
- 3) требуемая производительность сварки (определяет жёсткость режима сварки).

Основными параметрами режима контактной точечной сварки являются:

- 1) диаметр рабочей части электродов d_3 , мм;
- 2) сила сварочного тока $I_{св}$, кА;
- 3) время сварки $t_{св}$, сек;
- 4) усилие электродов $F_{св}$, кН.

Дополнительными параметрами режима контактной точечной сварки могут быть:

- 1) усилия проковки $F_{ков}$, Н;
- 2) сила тока термообработки $I_{дон}$, кА;
- 3) длительность импульса термообработки $t_{дон}$, сек.

Современные контактные машины обладают широкими возможностями не только обеспечивать точно определённое количество тепла для сваривания и термообработки точки, но и выделять это тепло в

течение различных промежутков времени. Отсюда установились понятия **жёсткого** и **мягкого** режимов в зависимости от времени сварки t_{ce} .

Жесткий режим – это импульсное, кратковременное тепловыделение посредством различных мощностей. При жёстких режимах скорости нагрева и охлаждения большие, структурные слои ядра и зона термического влияния (ЗТВ) имеют резкие границы, протяженность ЗТВ мала. Потери тепла в основной металл и электроды минимальны, температура точки растёт по линейной зависимости.

Мягкий режим – снижается мощность машины и увеличивается время нагрева деталей, при этом тепловые потери значительны, ЗТВ очень широка, кривая температуры сварной точки является экспоненциальной зависимостью.

Наиболее производительными являются жёсткие режимы, на них сваривают низкоуглеродистые и легированные стали, алюминиевые и магниевые сплавы.

Выбор циклограммы сварки

Низкоуглеродистые стали имеют относительно высокое электрическое сопротивление, низкую теплопроводность и невысокую прочность. Эти стали можно сваривать в широком диапазоне режимов по простейшей циклограмме (рис. 2а).

Низколегированные и углеродистые стали склонны к образованию закалочных структур, повышающих хрупкость и снижающих пластичность сварных соединений. Для повышения пластичности и прочности соединения их подвергают термообработке с помощью второго импульса тока. Пауза между импульсами тока сварки и термообработки t_n задается как $(1,1...1,4)t_{ce}$; длительность импульса термообработки $t_{под}$ задаётся как $(2,5...3,0)t_{ce}$; ток термообработки $I_{под}$ задаётся как $(0,7...0,85)I_{ce}$ (рис. 2б).

Коррозионно-стойкие (нержавеющие) стали обладают высоким электрическим сопротивлением (в 5...6 раз большим, чем у низкоуглеродистой стали), прочностью и коэффициентом линейного расширения. Сварка этих сталей выполняется на повышенных F_{ce} , пониженных I_{ce} , при относительно малых значения t_{ce} , по простой циклограмме (рис. 2а).

Магниевые и алюминиевые сплавы обладают повышенной склонностью к образованию усадочных дефектов, поэтому они свариваются с обязательным приложением ковочного усилия F_k (рис. 2в).

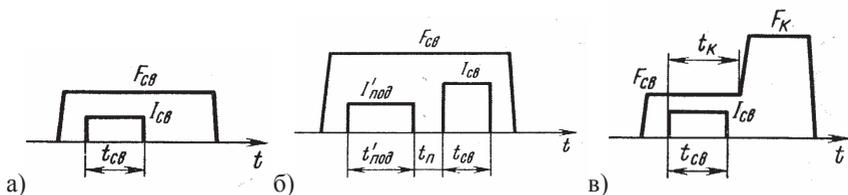


Рис. 2. Циклограммы точечной сварки: а) низкоуглеродистых сталей; б) углеродистых и низколегированных сталей; в) алюминиевых сплавов

Расчёт параметров режима сварки

1. Определяют сварочное усилие на электродах в зависимости от материала и толщины свариваемого металла S по табл. 2.

Таблица 2

Сварочное усилие на электродах $F_{св}$, H , в зависимости от материала и толщины деталей s , мм

Ст3 и низколегированные стали	Высоколегированные стали	Алюминиевые сплавы типа АМг	Титан и его сплавы	Магниеые сплавы
(2000...3000)s	(3000...5000)s	(2000...3000)s	(3500...5000)s	(2500...3500)s

2. Рассчитывают действующее значение сварочного тока, A :

$$I_{св} = d \sqrt{\frac{C \cdot \lambda \cdot T_{нл}}{\rho_T}}$$

где ρ_T - значение удельного сопротивления при $T_{нл}$, Ом·см (табл. 3);

$T_{нл}$ температура плавления материала изделия, °С (табл. 3);

d - диаметр сварной точки, см; $I_{св}$ - сварочный ток, А;

C - значение критерия М.В. Кирпичёва **при жёстких режимах** C принимают равным 80...85 для низкоуглеродистых сталей, 85...90 для коррозионно-стойких сталей, 20...25 для алюминиевых сплавов, **при мягких режимах** C принимают равным 35...40 для низкоуглеродистых сталей, 60...75 для хромоникелевых сталей, 10...15 для алюминиевых сплавов;

λ - среднее значение коэффициента теплопроводности материала

изделия $\frac{Bm}{cm \cdot ^\circ C}$ (табл. 3).

Физические свойства материалов

	Температура плавления	Плотность	Средние значения от 0 °С до $T_{пл}$			Предел текучести	Удельное электросопротивление при $T_{пл} / 20$ °С
			Коэффициент аккумуляции тепла	Температуропроводность	Коэффициент теплопроводности		
Обозначение	$T_{пл}$	γ	$\sqrt{\lambda\gamma c}$	a	λ	σ_m	ρ_m
Размерность	°С	г/см ³	$\frac{Вт}{см^2 \cdot ^\circ C}$	см ² /с	$\frac{Вт}{см \cdot ^\circ C}$	кг/см ² (МПа)	мкОм·см
Алюминиевый сплав АМгб	620	2,8	2,35	0,7	1,9	1700 (170)	10 / 7,5
Сталь 08кп	1500	7,8	1,47	0,08	0,41	2200 (220)	140 / 13
12Х18Н10Т	1440	7,9	1,05	0,053	0,244	4000 (400)	130 / 75
Титан ОТ-4	1660	4,6	0,775	0,072	0,20	4500 (450)	165 / 160

3. Рассчитывают продолжительность импульса сварки:

$$t_{св} = \frac{K^2 \cdot T_{пл}^2 \cdot F_{св}^2 \cdot d^2 \cdot (\sqrt{\lambda\gamma c})^2 \cdot h^2}{\rho_T^2 \cdot \sigma_T^2 \cdot I_{св}^4 \cdot s^2},$$

где $t_{св}$ - продолжительность импульса сварки, с;

s - толщина свариваемой детали (тонкой при сварке деталей разных толщин), см;

σ_T - предел текучести металла в холодном состоянии, кг/см²;

d - диаметр сварной точки, см;

h - высота сварной точки, см;

$T_{пл}$ - температура плавления металла, °С;

$F_{св}$ - сварочное усилие на электродах, кг;

K - критерий технологического подобия, для процесса точечной сварки $K=50$;

$\sqrt{\lambda\gamma c}$ - коэффициент аккумуляции тепла, где λ - коэффициент теплопроводности, $\frac{Вт}{см \cdot ^\circ C}$, γ - плотность металла, $г/см^3$; c - средняя теплоёмкость металла, $\frac{Дж}{г \cdot ^\circ C}$.

Расчётные значения параметров режима сопоставляют с рекомендуемыми режимами сварки, приведёнными в табл. 4. Если расчётный параметр режима отклоняется от табличного более чем на 20 %, то производят корректировку размеров сварной точки (глубину проплавления h и диаметр точки d) в необходимую сторону и пересчёт параметров режима сварки.

Таблица 4

Рекомендуемые режимы точечной сварки (без учёта шунтирования) деталей из различного материала

	Жёсткий режим				Средний режим		
	d_s , мм	$F_{св}$, кгс	$I_{св}$, кА	$t_{св}$, сек	$F_{св}$, кгс	$I_{св}$, кА	$t_{св}$, сек
Низкоуглеродистая сталь							
1+1	5	300	9	0,12	200	6	0,34
2+2	7	600	13	0,22	450	9	0,48
3+3	9	900	16,5	0,30	700	11	0,64
Нержавеющая сталь 12Х18Н9Т							
1+1	5	400	8	0,09	350	7	0,18
2+2	7	800	10	0,18	700	9,5	0,32
3+3	9	1100	14	0,26	1000	12	0,38
Алюминиевый сплав АМгб							
1+1	5	300	27	0,12	250	17	0,22
2+2	7	600	38	0,18	500	28	0,44
3+3	9	900	50	0,24	700	38	0,58

4. Рассчитывают дополнительные параметры режима сварки:

- пауза между импульсами тока сварки и термообработки

$$t_n = (1,1 \dots 1,4)t_{св};$$

- длительность импульса термообработки $t_{дон} = (2,5 \dots 3,0)t_{св};$

- ток термообработки $I_{дон} = (0,7...0,85)I_{св}$;
- ковочное усилие $F_{ков} = 1,5F_{св}$.

Расчёт тока шунтирования и вторичного тока

1. Определяют ширину эквивалентной ветви шунтирования h_3 по рис. 3, где t – шаг между точками, см; d – диаметр ядра сварной точки, см. Если реальная ширина полосы $h < h_3$, то принимают $h_3 = h$.
2. Рассчитывают активное сопротивление горячей точки r_m , Ом:

$$r_T = \frac{4 \cdot \rho_T \cdot S}{\pi \cdot d^2},$$

- где ρ_T – удельное сопротивление металла в момент его перехода из твёрдого состояния в жидкое, Ом·см;
 s – толщина свариваемых деталей, см;
 d – диаметр сварной точки, см.

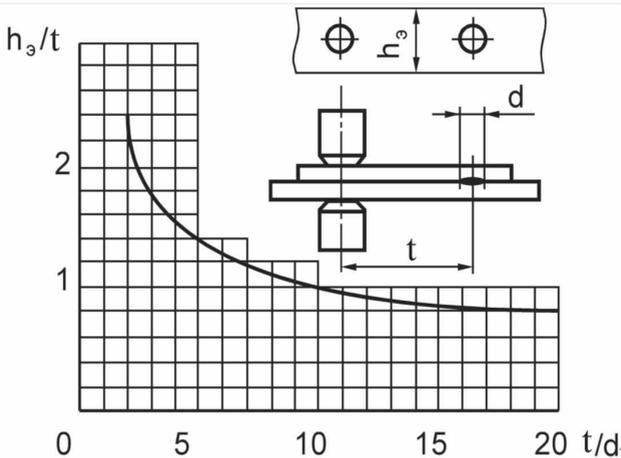


Рис. 3. График изменения эквивалентной ширины ветви шунтирования тока при точечной сварке

3. Рассчитывают падение напряжения на сопротивлении горячей точки, В:

$$U_{ш} = r_T \cdot I_{св}.$$

4. Определяют значение критерия Неймана χ :

$$\chi = \frac{2 \cdot l \cdot S \cdot h_3}{25 \cdot U_{ш} (S + h_3)}.$$

5. Определяют электрическое сопротивление постоянному току обеих пластин, Ом:

$$R_{0ш} = \frac{2 \cdot \rho \cdot t}{h_3 \cdot S},$$

где ρ - удельное электрическое сопротивление свариваемого материала при температуре 20 °С.

6. Определяют активное, индуктивное и полное сопротивления ветви шунтирования, Ом:

$$R_{ш} = R_{0ш}(1 + 0,6\chi\sqrt{\chi}), \quad X_{ш} = R_{0ш}0,84\chi;$$
$$Z_{ш} = \sqrt{R_{ш}^2 + X_{ш}^2}.$$

7. Определяют ток шунтирования, А:

$$I_{ш} = \frac{U_{ш}}{Z_{общ}}.$$

8. Рассчитывают вторичный ток, А:

$$I_{2p} = I_{св} + I_{ш}.$$

В пояснительной записке должны быть представлены:

- 1) циклограмма сварки;
- 2) расчёт параметров режима сварки;
- 3) расчёт тока шунтирования и вторичного тока;
- 4) сводная таблица параметров режима сварки.

2.3. Проектирование сварочных электродов

Форма и размеры электродов для контактной точечной сварки определяются ГОСТ 14111-90 «Электроды прямые для контактной точечной сварки». Электроды для контактных точечных машин состоят из следующих частей: рабочей части, средней части и посадочной части. Каждая часть электрода в процессе работы выполняет определённые функции.

Рабочая часть обеспечивает непосредственный контакт (электрический и механический) электрода со свариваемым изделием и имеет рабочую поверхность 1 (рис. 4а), форма и размеры которой являются важной технологической характеристикой электрода.

Средняя часть электродов 2 (рис. 4а) соединяет рабочую и посадочную части, она определяется диаметром d_r . ГОСТ 14111-90 предусматривает

следующие значения d_j : 10, 13, 16, 20, 25, 32 и 40 мм для максимальных усилий на электроде F_{max} соответственно: 2,5, 4, 6,3, 10, 16, 25 и 40 кН. Средняя часть обычно используется для закрепления соответствующих инструментов, применяемых при съёме электродов.

Части электродов, обеспечивающие их соединение с элементами вторичного контура машины, должны удовлетворять требованиям надёжной передачи сварочного тока и усилия сжатия. У электродов для контактной точечной сварки в подавляющем большинстве случаев эти функции выполняет конусная посадочная часть 3 (рис. 4а), хотя не исключены и другие виды соединений (на резьбе, на резьбе с контргайкой, по цилиндрической поверхности и т.д.). Для хорошего электрического контакта и герметичного соединения конусная поверхность электрода должна быть обработана не ниже R_z 1,25 и не иметь механических повреждений, следов окислов и других загрязнений. Для диаметров электродов $d_j = 10, 13, 16, 20$ и 25 мм принята конусность 1:10, а для диаметров $d_j = 32$ и 40 она принята 1:5. Указанные размеры конусов следует применять и при изготовлении не прямых (фигурных) электродов, так как посадочные отверстия электрододержателей сварочных машин имеют аналогичные размеры.

Диаметр рабочей части электрода d_1 ориентировочно вычисляют по формуле

$$d_1 = 2 \cdot S + 3,$$

где S – толщина свариваемой детали, мм.

После этого его приводят к стандартной величине (табл. 5). Если разность толщин свариваемых элементов составляет не более 30 % толщины тонкой детали, то d_1 выбирают по меньшей толщине; если более 30 %, но менее 2:1, то размеры устанавливаются для каждой детали в отдельности. Если отношение толщин более 2:1, то со стороны тонкой детали устанавливают электрод с d_1 меньшим на 25...30 %.

Внутренняя часть большинства электродов имеет канал 4 (рис. 5а) для подачи охлаждающей воды. Внутри охлаждающего канала находится трубка, по которой поступает вода. Диаметр охлаждающего канала d_4 определяется необходимым для охлаждения расходом воды и достаточной прочностью электрода.

В зависимости от конфигурации средней части электроды для точечной сварки подразделяются на прямые и фигурные. Прямые электроды в соответствии с ГОСТ 14111-90 выполняются с симметричным расположением рабочей поверхности и со смещённой или скошенной рабочей поверхностью.

При сварке большинства металлов можно использовать электроды с плоской (цилиндрической) или сферической рабочей поверхностью. Электроды со сферической поверхностью имеют большую стойкость

и менее чувствительны к перекосам при установке, чем электроды с плоской поверхностью. Поэтому электроды со сферической поверхностью рекомендуется применять в машинах радиального типа и клещах. При сварке легких сплавов используются только электроды со сферической рабочей поверхностью, так как плоская поверхность в этом случае формирует вмятины и подрезы на поверхности точек.

Фигурные электроды обычно применяют при сварке небольших деталей сложной формы (рис. 4а). При больших размерах деталей с ограниченным доступом электродов целесообразно использовать сочетание специальных фигурных электрододержателей с простыми электродами (рис. 4а). Фигурные электрододержатели изготавливаются из термоупрочняемых сплавов БрХ, БрНБТ.

Основой практически всех электродных сплавов является медь, легированная Cd, Cr, Ag, Co, Ni. Твёрдость и температуру рекристаллизации повышают добавками Ti, Be, Zr, Al, B, Si. С увеличением содержания легирующих элементов уменьшается электропроводность и теплопроводность меди. Поэтому суммарное количество легирующих элементов обычно не превышает 2 %.

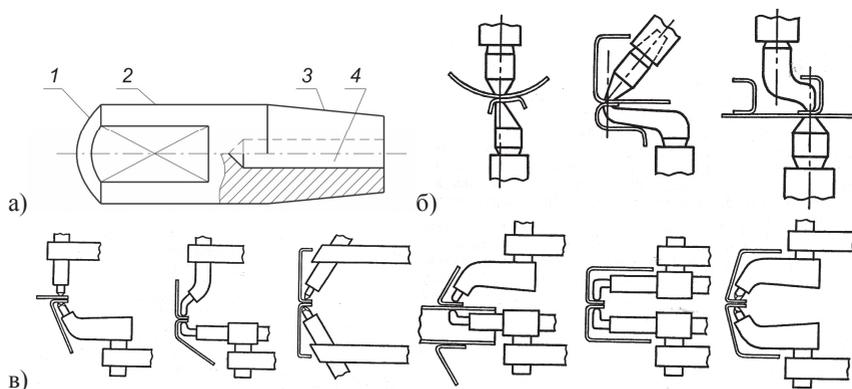
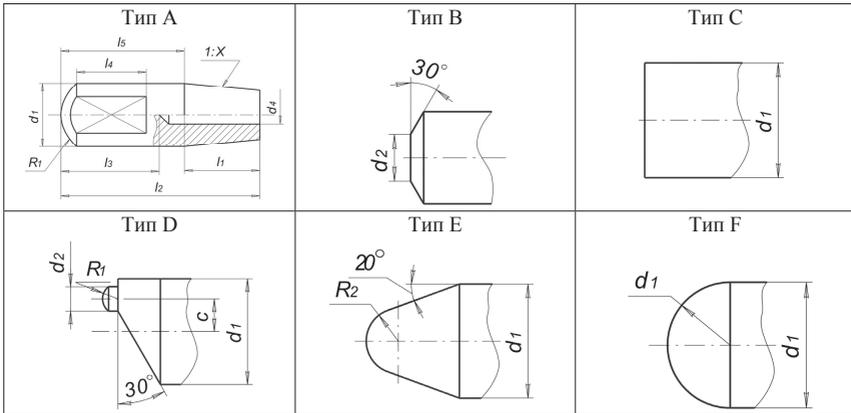


Рис. 4. Электроды для контактной точечной сварки

Таблица 5

Геометрические размеры электродов, мм, для контактной точечной сварки по ГОСТ 14111-90



d_1	d_2	d_4	1:X	c	l_1	$l_{3, \max}$	l_4	R_1	R_2	l_2 при l_3							F_{\max}^* кН
										16	20	25	32	40	50	63	
10	4	5,5	1:10	2	13	14	13	25	4	29	33	38	45	53	63	-	2,5
13	5	7,5		3	16	15	14	32	5	32	36	41	48	56	66	79	4
16	6	8,5		4	20	16	15	40	6	-	40	45	52	60	70	83	6,3
20	8	10,5		5	25	17	16	50	8	-	-	50	57	65	75	88	10
25	10	13,5		6,5	31,5	18	17	63	10	-	-	56,5	63,5	71,5	81,5	94,5	16
32	12,5	14	1:5	8,5	40	20	15	80	12,5	-	-	-	72	80	90	103	25
40	16	16		11	50	25	16	100	16	-	-	-	-	90	100	113	40

Таблица 6

Применение медных сплавов при контактной точечной сварке

Наименование сплава	Содержание легирующих элементов, %	Твёрдость, МПа, не менее	Удельное сопротивление при 20 °С, мкОм·см	Основное назначение электродов из данного сплава
Медь М1 Кадмиевая бронза КМ Серебряная бронза МС1 Циркониевая бронза МЦ4	- 0,9...1,2 Cd 0,07...0,12Ag 0,15 Zr	700 1000 950 1000	1,7 2 1,8 2,1	Сварка лёгких и медных сплавов
Хромистая бронза БрХ Хромоциркониевая бронза БрХЦ	0,4...1,0 Cr 0,5...0,7 Cr 0,03...0,06 Zr	1200 1250	3	Сварка низкоуглеродистых и низколегированных сталей
Никель-бериллиевая бронза БрНБТ Никель-кремниевая бронза БрНК	1,4...1,6 Ni 0,2...0,4 Be 0,05...0,15 Ti 1,4...1,6 Ni 0,3...0,6 Si	1800	4	Сварка среднеуглеродистых и высоколегированных сталей, жаропрочных сплавов

Для контактной точечной и шовной сварки металлов с высокой электропроводностью и малым сопротивлением деформации (алюминиевые, магниевые, медные сплавы) применяют электродные сплавы с уменьшенным количеством легирующих элементов (табл. 6). Для материалов с низкой электропроводностью и высокой твёрдостью – с большим содержанием легирующих элементов (табл. 6).

В пояснительной записке должны быть представлены:

- 1) выбор геометрических размеров сварочных электродов и эскиз электродов;
- 2) выбор материала для изготовления электрода и его свойства.

В графической части должны быть представлены:

1. Чертёж верхнего и нижнего сварочного электрода (формат А4) (см. прил. 1).

2.4. Проектирование вторичного контура контактной сварочной машины

1. Конструктивно вычерчивают эскиз сварочного контура в масштабе с указанием всех его элементов (электроды, электрододержатели, хоботы, плиты, гибкие шины, вторичный виток сварочного трансформатора), а также их поперечные сечения. На эскизе необходимо показать ориентировочные габаритные размеры вторичного контура, сечения элементов, над каждым элементом записывается способ его охлаждения (воздух, вода). Примеры вторичных контуров специальных контактных сварочных машин приведены в прил. 2.

При выполнении эскиза вторичного контура необходимо соблюдать следующие требования:

- габаритные размеры вторичного контура должны максимально приближаться к размерам детали и иметь минимальную охватываемую площадь;

- размеры и расположение гибкой шины должны позволять рабочий ход электрода, достаточный для установки и извлечения свариваемых деталей;

- форма и размеры электродов, электрододержателей должны обеспечивать доступ электродов к сварной точке.

2. Рассчитывают поперечные сечения элементов вторичного контура:

$$F_{1...n} = \frac{I_{2p} \sqrt{\frac{ПВ}{100}}}{i},$$

где $F_{1...n}$ - площадь поперечного сечения данного элемента контура;

i - допустимая плотность тока А/см² для данного сечения (табл. 6);

$ПВ$ продолжительность включения сварочной машины (принять $ПВ=20...50\%$).

3. Проектируют верхний и нижний электродные узлы контактной сварочной машины. При этом сечения электрододержателей и хоботов приводят к стандартным значениям (см. прил. 3 и 8). Линейные размеры сечений других элементов округляют в соответствии с ГОСТ 6636-90 (прил. 7). Выполняют эскизы верхнего и нижнего электродных узлов, которые включают в себя электрод, электрододержатель или электродную плиту, штуцеры и трубки для подачи охлаждающей воды. Размеры трубки для подачи охлаждающей воды должны быть такими, чтобы площадь поперечного сечения отверстия трубки была приблизительно равна площади кольца, образованного между наружным контуром трубки и поверхностью канала охлаждающего электрода. Ориентировочные

размеры штуцеров для подачи воды приведены в прил. 4. После проектирования электродных узлов выполняют их сборочные чертежи. Примеры таких чертежей приведены в прил. 5. После проектирования вторичного контура целесообразно построить таблицу площадей элементов:

№ п/п	Элемент	Расчётная площадь, мм ²	Действительная площадь, мм ²	Площадь контакта между элементами, мм ²
1				
2				

4. Определяют коэффициент поверхностного эффекта для каждого элемента вторичного контура в зависимости от площади его сечения по диаграмме (рис. 5).

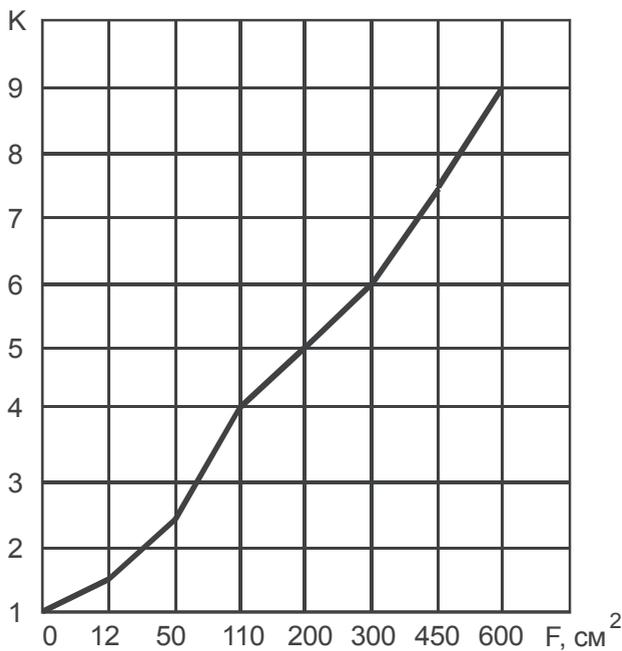


Рис. 5. Зависимость коэффициента поверхностного эффекта от площади поперечного сечения элемента вторичного контура при частоте тока 50 Гц

Таблица 6

Допустимая плотность тока на элементах вторичного контура

Элемент вторичного контура	Материал или марка сплава	Удельное электросопротивление, мкОм·см	Условия охлаждения	Допускаемая плотность тока, А/мм ²
Электроды	Бронза БрХ	3	Водяное интенсивное (внутреннее или наружное)	20...50
Электрододержатели	Бронза БрХ	3	Водяное	12...22
	Бронза БрНБТ Бронза БрНК	4,3	Водяное	10...18
Хоботы, консоли, плиты	Медь М1	1,7	Воздушное Водяное	1,0...2,0 3,0...5,0
	Медь М3	3,8	Воздушное Водяное	1,0...2,0 2,0...3,0
Шины жёсткие	Медь М1	1,7	Воздушное Водяное	1,0...2,0 2,5...4,0
Шины гибкие	Лента МГМ (фольга)	3,8	Воздушное	2,0...2,5
Неподвижные контактные поверхности	Медь, бронза	-	Одна поверхность контакта – водоохлаждаемая	0,5...1,0
Медное литьё с залитыми трубками охлаждения	Медь М3	3,8	Водяное	2,0...3,0
Вторичный виток трансформатора	Медь М3	3,8	Водяное	4,0...5,5

5. Рассчитывают активное сопротивление каждого элемента вторичного контура:

$$R_{1...n} = \rho_n K_n \frac{l_n}{F_n},$$

где ρ_n - удельное сопротивление материала, из которого выполнен элемент вторичного контура, Ом·см;

l_n - длина токового пути по данному элементу (из чертежа), см;

F_n - сечение элемента, см²;

K_n - коэффициент поверхностного эффекта.

6. Находят активное сопротивление контактных соединений:

$$R_{кон} = n_n R_{n.к.} + n_n R_{н.к.},$$

где n_n - число подвижных контактов;

n_n - число неподвижных контактов;

$R_{н.к.}$ - сопротивление подвижного контакта;

$R_{н.к.}$ - сопротивление неподвижного контакта.

На новых машинах сопротивление одного неподвижного контакта медь-медь, стянутого четырьмя болтами, составляет $(1...2) \cdot 10^{-6}$ Ом, контакта медь-сталь $(4...6) \cdot 10^{-6}$ Ом. Сопротивление подвижного контакта находится в пределах $(10...20) \cdot 10^{-6}$ Ом. Величину накладки необходимо делать равной ширине соединяемой шины или больше её.

7. Рассчитывают активное сопротивление вторичного контура:

$$R_2 = \sum_{i=1}^n R_i + R_{кон}.$$

8. Рассчитывают индуктивное сопротивление вторичного контура, Ом:

$$X_2 = S^{0,73} \cdot 10^{-6},$$

где S - площадь, охватываемая средней линией контура, см² (определяется по чертежу).

В пояснительной записке должны быть представлены:

- 1) эскиз вторичного контура с указанием всех его элементов;
- 2) расчёт площадей поперечных сечений элементов вторичного контура;
- 3) подбор стандартных сечений для элементов вторичного контура (электроподдержатели, хоботы и т.д.);
- 4) расчёт коэффициентов поверхностного эффекта для элементов вторичного контура;

- 5) расчёт активных сопротивлений элементов вторичного контура;
- 6) расчёт активного сопротивления вторичного контура вместе с деталью;
- 7) расчёт индуктивного сопротивления вторичного контура;
- 8) эскиз верхнего и нижнего электродного узла с обозначением всех элементов.

В графической части должны быть представлены:

- 1) сборочный чертёж вторичного контура;
- 2) сборочные чертежи верхнего и нижнего электродных узлов.

2.5. Проектирование и выбор сварочного трансформатора

2.5.1. Определение исходных данных для проектирования сварочного трансформатора

1. Определяют номинальное первичное напряжение U_1 , частоту питающей сети f . При этом принимают $U_1=380$ В при использовании тиристорного контактора и $U_1=320$ В при использовании игнитронного контактора. Частоту питающей сети принять $f=50$ Гц.

2. Рассчитывают полное сопротивление сварочного контура, Ом:

$$Z_{св} = \sqrt{(R_2 + R_{э-э} + R_1'')^2 + (X_2 + X_1'')^2},$$

где R_1'' - активное сопротивление первичной обмотки, приведенное ко вторичной, принять $R_1''=(10... 40) \cdot 10^{-6}$ Ом;

X_1'' - индуктивное сопротивление первичной обмотки, приведенное ко вторичной, принять $X_1''=(10... 40) \cdot 10^{-6}$ Ом;

$R_{э-э}$ - активное сопротивление участка электрод-электрод, принимается по табл. 7.

Таблица 7

Активное сопротивление участка электрод-электрод при контактной точечной сварке в зависимости от материала и толщины деталей $R_{э-э}$, мкОм

Материал	Толщина материала, мм				
	0,5	1	1,5	2	3
Низкоуглеродистая сталь	140	128	112	98	82
Нержавеющая сталь X18H8T	185	150	130	120	110
Особо жаропрочный сплав ВЖ98	200	165	140	125	115
Титановый сплав OT51-1	210	165	140	125	115
Латунь Л62	48	30	24	20	18
Медные сплавы БрБ2	63	40	32	27	23
Алюминиевый сплав Б 16 АТ	16	13	11	10	8

3. Рассчитывают вторичное напряжение при сварке, В:

$$U_2 = I_2 \cdot Z_{св}.$$

4. Рассчитывают напряжение холостого хода трансформатора на номинальной ступени, В:

$$U_{20} = 1,2 \cdot U_2.$$

5. Рассчитывают номинальную мощность трансформатора, кВА:

$$N_H = 1,05 \cdot I_2 \cdot U_{20} \cdot 10^{-3}.$$

2.5.2. Расчёт числа витков и сечений обмоток трансформатора

1. Рассчитывают число витков в первичной обмотке:

$$w_1 = \frac{U_1}{U_{20}}.$$

2. Рассчитывают первичный ток на номинальной ступени трансформатора, А:

$$I_{1н} = \frac{I_2 \cdot U_{20}}{U_1}.$$

3. Рассчитывают первичный и вторичный длительный токи на номинальной ступени трансформатора, А:

$$I_{1дл.н} = I_{1н} \sqrt{\frac{ПВ}{100}}, \quad I_{2дл.н} = I_{2н} \sqrt{\frac{ПВ}{100}}.$$

4. Рассчитывают сечение первичной обмотки, мм²:

$$F_1 = w_1 \frac{I_{1дл.н}}{i_H},$$

где i_H – допустимая плотность тока на первичной обмотке, для медной первичной обмотки, плотно прижатой к водоохлаждаемому витку, принять $i_H = 2,8 \dots 3,2$ А/мм².

5. Уточняют сечение вторичного витка, мм²:

$$F_2 = w_2 \frac{I_{2экв.н}}{i_n},$$

где i_n – допустимая плотность тока на вторичном витке сварочного трансформатора, А/мм².

2.5.3. Расчёт сердечника трансформатора

1. Определяют фактическое сечение сердечника магнитопровода (рис. 6), см²:

$$F_c = \frac{U_{2max} \cdot 10^8}{4.44 f \cdot w_2 \cdot B \cdot K_c},$$

где B - магнитная индукция в Гс (10 000- 14 000 Гс) и зависит от выбранного материала магнитопровода, меньшие значения индукции принимаются для Э41, большие – для Э11;

K_c - коэффициент, учитывающий неплотность сборки листов трансформаторного железа и слой изоляции на листе ($K_c=0,88 - 0,9$ при оклейке листов бумагой и $K_c=0,92 - 0,95$ при изоляции листов лаком).

2. Определяют геометрические размеры сердечника: в настоящее время наибольшее распространение получили трансформаторы броневое типа с дисковыми катушками. В таком трансформаторе средний стержень имеет сечение F_c , сечение остальных стержней равно $F_c/2$. С целью уменьшения габаритов всего трансформатора принято считать размеры, исходя из следующих соотношений: $h=2b$ и $c=2a$ (рис. 6), отсюда размеры сердечника, см:

$$b = \sqrt{\frac{F_c}{2}}, \quad h = \frac{F_c}{b}.$$

3. Определяют геометрические размеры окна трансформатора.

Площадь окна трансформатора, см²:

$$F_0 = \frac{F_1 + F_2}{K_{зо}},$$

где $K_{зо}$ - коэффициент заполнения окна (учитывает наличие изоляции на обмотках, наличие дистанционных прокладок и каналов охлаждения), необходимо принимать в зависимости от номинального длительного вторичного тока $I_{2дл.н}$:

Эквивалентный вторичный ток $I_{2эл}$, А	Коэффициент заполнения окна K_{30}
3 000...6 000	0,25...0,35
6 000...10 000	0,30...0,35
10 000...15 000	0,35...0,45
15 000...20 000	0,40...0,45
20 000...30 000	0,45...0,55
30 000 и выше	0,50...0,65

Размеры окна, см:

$$a = \sqrt{\frac{F_0}{2}}, \quad c = \frac{F_0}{a}.$$

4. Определяют массу трансформатора:

$$G = G_{жс} + G_M,$$

где $G_{жс}$, G_M - масса трансформаторного железа и меди, кг:

$$G_{жс} = V \cdot \gamma_{жс}, \quad G_M = a \cdot c \cdot \gamma \cdot K_{з.о.} (2h + 2b + \pi \cdot a),$$

где V - объем железа: $V = 2hb(a+b+c)$, см³;

$\gamma_{жс}$, γ_M - удельный вес железа и меди, г/см³ (соответственно 7,8 и 8,9 г/см³).

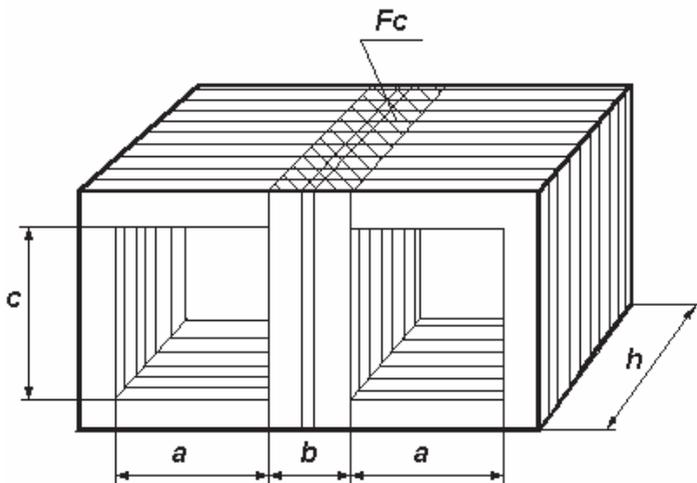


Рис. 6. Общий вид магнитопровода трансформатора для точечных машин

2.5.4. Проверочный расчёт по току холостого хода и нагреву магнитопровода

С целью проверки правильности расчета магнитопровода проводится сравнение потерь на токи холостого хода и условий водяного охлаждения данного трансформатора с допустимыми по ГОСТ 297- 80.

1. Рассчитывают потери холостого хода в железе трансформатора, Вт:

$$P_{жс} = q_{жс} \cdot G_{жс},$$

где $q_{жс}$ – удельные потери в железе, Вт/кг, выбираются в зависимости от марки трансформаторной стали, толщины, качества сборки и индукции (рис. 7);

$G_{жс}$ – масса магнитопровода трансформатора, кг.

2. Рассчитывают активную составляющую тока холостого хода, А:

$$I_a = P_{жс} / U_1.$$

3. Определяют реактивную составляющую тока холостого хода. А:

$$I_p = \frac{a\omega \cdot l_{cp} + 0,8n_3\Delta_3 \cdot B}{K\sqrt{2} \cdot w_1},$$

где $a\omega$ - удельные ампервитки на 1 см длины участка при данном B (рис. 8);

B - магнитная индукция, Гс;

K - коэффициент, учитывающий уменьшение тока холостого хода из-за наличия в переменном токе высших гармоник ($K= 1,25... 1,5$ в зависимости от глубины фазной регулировки);

n_3, Δ_3 - число и величина зазоров в магнитной цепи (рис. 9), $n_3=0...4$; $\Delta_3=0,005$ см;

l_{cp} - средняя длина магнитного потока (рис. 9), см: $l_{cp} = 2(c + a + b)$.

4. Определяют полный ток холостого хода, А:

$$I_0 = \sqrt{I_a^2 + I_p^2}.$$

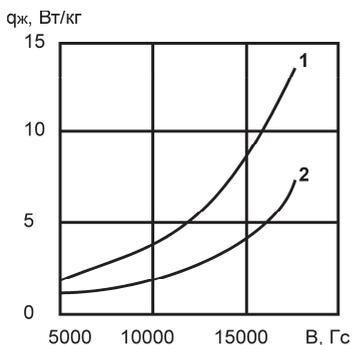


Рис. 7. Зависимость удельных потерь в стали $q_{ж}$ от индукции B : 1 сталь Э11; 2 сталь Э41, толщина листов 0,5 мм

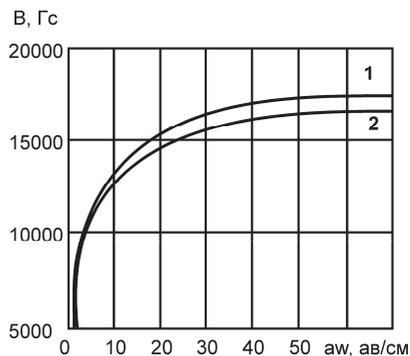


Рис. 8. Зависимость индукции от ампервитков для электротехнических сталей: 1 сталь Э41; 2 сталь Э11, толщина листов 0,5 мм

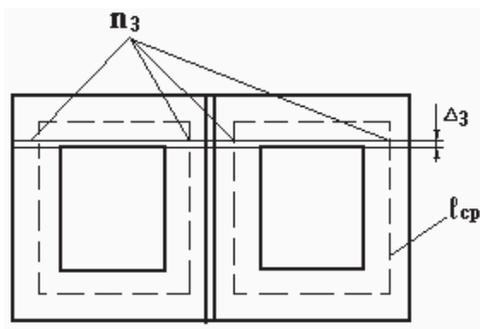


Рис. 9. К определению средней длины магнитного потока

5. Сравнивают полученное значение тока холостого хода с допустимым. По ГОСТ 297-80 относительное значение тока холостого хода в процентах от номинального первичного тока $I_0 / I_{1н} \cdot 100\%$ не должно быть более указанного:

- 50 % при $I_{2н} \leq 2500$ А;
- 32% при $I_{2н} \leq 5000$ А;
- 20 % при $I_{2н} \leq 10\ 000$ А;
- 10 % при $I_{2н} > 10\ 000$ А.

Если ток холостого хода трансформатора больше допустимого, то делают перерасчет трансформатора в сторону уменьшения значения параметров $q_{ж}$, $G_{ж}$, $a\omega$, $l_{ср}$, Δ_3 , B , определяющих ток холостого хода.

6. Определяют поверхность магнитопровода, омываемую воздухом, т.е. не закрытую обмотками, см²:

$$S_m = 2b(2a + c + 2b) + 2h(c + 2a + 3b) + 4ac .$$

7. Определяют удельную тепловую нагрузку сердечника, Вт/см²:

$$q_a = \frac{P_{\text{жс}} \sqrt{\frac{ПВ}{100}}}{S_m} .$$

8. Удельная тепловая нагрузка при условии воздушного охлаждения магнитопровода не должна превышать $7,5 \cdot 10^{-2}$ Вт/см². Если не выполняется это условие, необходимо пересчитать магнитопровод в сторону увеличения его поверхности.

2.5.5. Расчёт охлаждения обмоток трансформатора

В трансформаторах с дисковыми обмотками и вторичными витками, охлаждаемыми водой, тепло, развиваемое обмотками, отводится водой. Отдачей тепла в воздух при расчёте можно пренебречь, так как она незначительна. Кроме того, пренебрежение потерями в воздух даёт некоторый запас на различные производственные отклонения при изготовлении трансформаторов.

Расчёт производится в следующей последовательности:

1. Рассчитывают среднюю длину витка первичной и вторичной обмоток, см:

$$l_g = 2(2a + h + b) .$$

2. Рассчитывают активное сопротивление первичной обмотки, Ом:

$$R_1 = \frac{\rho \cdot l_g \cdot w_1^2}{F_1} ,$$

для медного обмоточного провода принять $\rho = 1,7$ мкОм·см.

3. Рассчитывают активное сопротивление вторичного витка, Ом:

$$R_2 = \frac{\rho \cdot l_g}{F_2} .$$

4. Рассчитывают потери мощности на нагрев меди в первичной и вторичной обмотках при эквивалентных (длительных) токах, Вт:

$$P_1 = I_{\text{дл.н}}^2 R_1, P_2 = I_{\text{дл.н}}^2 R_2 .$$

5. Рассчитывают полные потери в меди при длительном токе, Вт:

$$P_{\text{м.э.}} = P_1 + P_2 .$$

6. Определяют расход воды для охлаждения трансформатора, см³/сек:

$$Q_в = \frac{0,24P_{м.э.}}{\Delta T_в \cdot C_v},$$

где $\Delta T_в$ - разогрев охлаждающей воды $\Delta T_в = T_{нагр} - T_{окр.среди}$ = 12...15 °С;
 C_v - объемная теплоемкость воды ($C_v = 1$ кал/см³·°С).

7. Определяют расчетный диаметр трубы для охлаждения трансформатора, см:

$$d = \sqrt{\frac{4Q_в}{\pi \cdot v_в}},$$

где $Q_в$ - расход воды, см³/с;

$v_в$ - скорость истечения воды, см/с (задаётся равной 40...50 см/с).

2.5.6. Сводный отчёт о расчёте трансформатора

После того как выполнены электрический и тепловой расчёты сварочного трансформатора, заполняется формуляр (табл. 8), содержащий основные характеристики трансформатора.

Таблица 8

Сводная таблица основных характеристик трансформатора

Величины, задаваемые техническим заданием на расчёт трансформатора						
Номинальное первичное напряжение U_1 , В	Частота тока f , Гц	Номинальный вторичный ток $I_{2н}$, кА	Тип трансформатора (стержневой или броневой)	Вторичное напряжение холостого хода на номинальной ступени U_{20} , В	Номинальная мощность трансформатора N_n , кВ·А	Продолжительность включения ПВ, %
Данные сердечника						
Геометрические размеры, мм			Электрические параметры			
Длина $2a+2b$	Глубина h	Высота $c+2b$	Ток холостого хода I_0 , А	Потери в сердечнике $P_{ж}$, Вт		
Масса активных материалов, кг						
Медь		Сталь		Общая масса		
Параметры обмоток						
Активное сопротивление первичной обмотки	Активное сопротивление вторичного витка	Потери мощности, Вт				
		в I обмотке, P_1	во II витке, P_2	полная в обмотках, $P_{м.э.}$		

2.5.7. Выбор стандартного трансформатора по рассчитанным значениям

После того как рассчитаны предварительные значения трансформатора для контактной сварки данной в задании детали, необходимо произвести подбор стандартного трансформатора по табл. 9.

При выборе трансформатора необходимо следить, чтобы его электрические характеристики (мощность N , вторичный ток I_2 , вторичное напряжение U_2 , ПВ) лежали в пределах 100...120 % от расчётных. После выбора стандартного трансформатора выписывают его полные характеристики согласно табл. 9.

В пояснительной записке должны быть представлены:

- 1) расчёт исходных данных для проектирования сварочного трансформатора;
- 2) расчёт числа витков и сечений обмоток сварочного трансформатора;
- 3) расчёт сердечника сварочного трансформатора;
- 4) проверочный расчёт по току холостого хода и нагреву магнитопровода сварочного трансформатора;
- 5) расчёт охлаждения обмоток сварочного трансформатора;
- 6) таблица сводного отчёта о расчёте сварочного трансформатора (табл. 8);
- 7) выбор стандартного сварочного трансформатора и таблица с его характеристиками.

2.6. Условное обозначение спроектированной контактной сварочной машины по ГОСТ 297-80

На основании расчётов вторичного контура и характеристик стандартного сварочного трансформатора производят расчёт электрических характеристик спроектированной контактной сварочной машины и зашифровывают их в условном обозначении по ГОСТ 297-80.

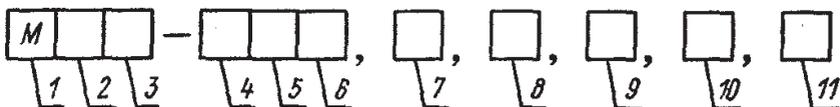


Рис. 11. Структура условного обозначения машины для контактной сварки общего назначения

ГОСТ 297-80 «Машины контактные. Общие технические условия» регламентирует условные обозначения контактных машин (рис. 11),

которые позволяют извлечь полную информацию о типе и назначении машины. Обозначения состоят из одиннадцати символов-позиций:

1 – обозначение вида изделия (машина контактная).

2 – обозначение машины по видам соединения, получаемого при сварке (Т – точечная, Ш – шовная, Р – рельефная, С – стыковая).

3 – обозначение машины по конструктивному исполнению и(или) типу источника сварочного тока (В – с выпрямлением тока во вторичном контуре, К – конденсаторная, Н – низкочастотная; если буквы нет, то источник переменного тока промышленной частоты, Р – радиальная, П – подвесная, С – стыковая сварка сопротивлением, О – стыковая сварка оплавлением).

4 – для точечных, рельефных и шовных машин указывается наибольший вторичный ток (в кА). Для стыковых машин отмечается максимальное усилие осадки (в кН).

5 – номер модификации машины.

6 – вид климатического исполнения по ГОСТ 15150-69 – УХЛ4 для средних широт или Т4 для тропических широт.

7 – группу А или Б в зависимости от нормируемых технических требований.

8 – напряжение питающей сети.

9 – частота питающей сети.

10 – слово «экспорт» (для экспортного варианта).

11 – обозначение технических условий на конкретную машину.

В пояснительной записке должны быть представлены:

1) условное обозначение спроектированной контактной сварочной машины по ГОСТ 297-80;

2) расшифровка приведённого условного обозначения.

Характеристики трансформаторов для контактной сварки

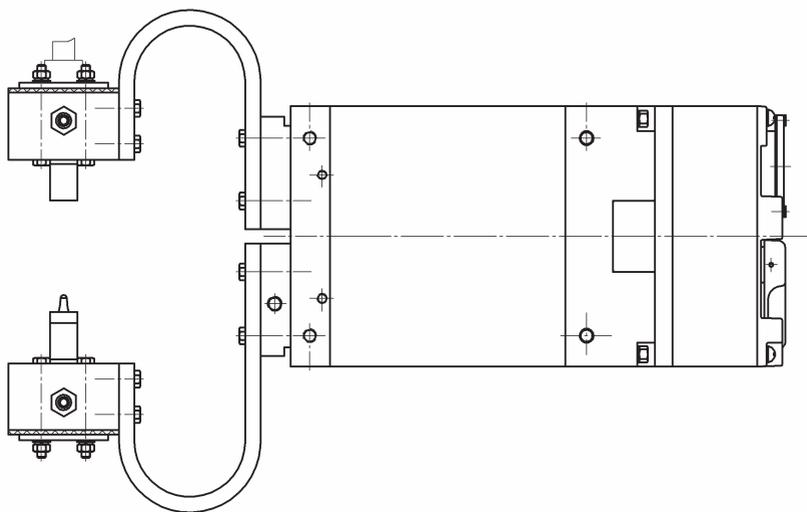
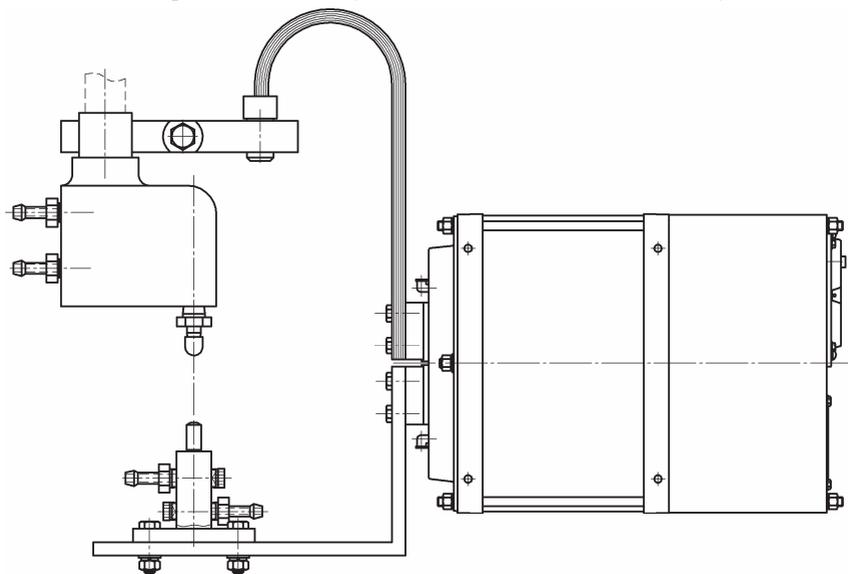
Тип трансформатора	Ступени		ПВ, %	Мощность на номинальной ступени $N_{н.к.В.А}$	Токи, А		Напряжение, В		Сопротивление первичной обмотки, мКОм	
	число	номинал вольта			$I_{1н}$	$I_{2н}$	$(U_{20})_н$	$(U_{20})_{\min} - (U_{20})_{\max}$	R_1''	X_1''
К-6.02-3	8	7	20	14,5	38,2	6300	2,2	1,25...2,5	18,5	41,0
К-8.02-5	8	7	20	21,0	55,0	8000	2,5	1,42...2,84	25,3	18,8
ТК-12.04-К-1	8	7	20	51,0	141,0	12500	3,8	2,2...4,4	20,8	17,2
К-12.04-2	8	7	20	57,0	158,0	12500	4,28	2,43...4,86	17,8	18,8
ТК-12.04-К-6	8	7	20	51,0	149,0	12500	3,9	2,2...4,4	20,5	17,0
ТК-12.04-К-5	8	7	20	51,0	156,0	12500	3,8	2,2...4,4	19,8	16,7
ТК-13.04-2-ЭП	6	6	50	60,0	158,0	13000	4,48	2,97...4,48	20,2	21,0
К-12.04-11	8	7	32	52,0	160,0	12500	4,0	2,29...4,58	16,0	17,0
К-16.05-4	8	7	20	80,0	222,0	10000	4,74	2,7...5,4	23,0	20,0
К-16.05-2	8	7	20	88,0	230,0	16000	5,26	3...6	17,0	25,0
К-16.05	8	7	20	88,0	241,0	16000	5,22	3...6	17,0	25,0
ТК-21.05-3-ЭП	6	6	50	123,0	325,0	21500	5,56	3,58...5,56	10,0	21,4
ТК-16.07-4	8	7	20	128,0	392,0	16000	7,55	4,28...8,56	11,0	11,0
ТК-25.04	8	7	12,5	98,0	300,0	25000	3,78	2,14...4,28	16,5	18,0
ТК-32.08	16	15	8	265,0	815,0	32000	8,12	2,32...9,3	14,0	10,0

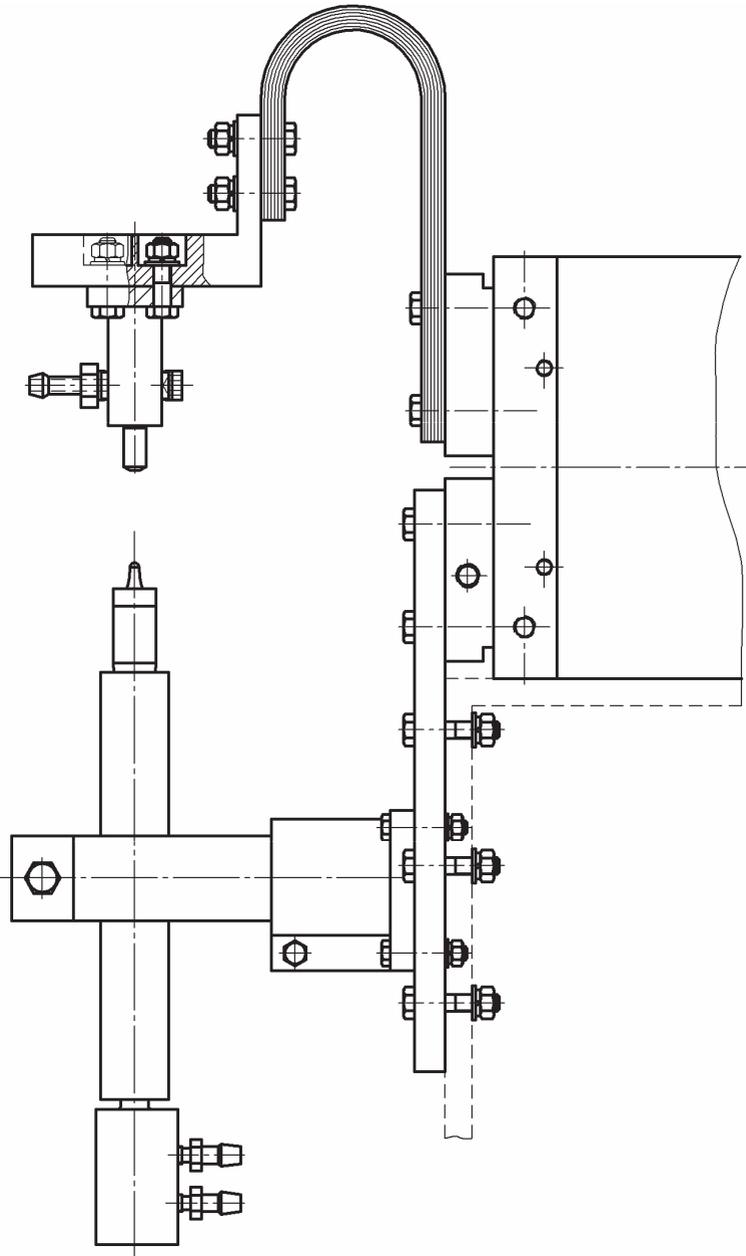
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глебов, Л.В. Устройство и эксплуатация контактных машин / Л.В. Глебов, Ю.И. Филиппов, П.Л. Чулошников. – Л. : Энергоатомиздат, 1987. – 312 с.
2. Технология и оборудование контактной сварки : учебник для вузов / Б.Д. Орлов [и др.]. – 2-е изд. – М. : Машиностроение, 1986. – 352 с.
3. Манойлов, В.Е. Основы электробезопасности / В.Е. Манойлов. – Л. : Энергоатомиздат, 1991. – 480 с.
4. ГОСТ 297-80. Машины контактные. Общие технические требования. – Введ. 1983-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1981. – 27 с.
5. Рыськова, З.А. Трансформаторы для электрической контактной сварки / З.А. Рыськова, П.Д. Фёдоров, В.И. Жимереева. – Л. : Энергоатомиздат, 1990.
6. Оборудование для контактной сварки : справ. пособие / под ред. В.В. Смирнова. – СПб. : Энергоатомиздат, 2000. – 848 с.
7. ГОСТ 14111-90. Электроды прямые для контактной точечной сварки. Типы и размеры. – Введ. 1991-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 4 с.
8. ГОСТ 25444-90. Электроды прямые и электрододержатели для контактной точечной сварки. Типы и размеры. – Введ. 1991-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 5 с.

Приложение 2

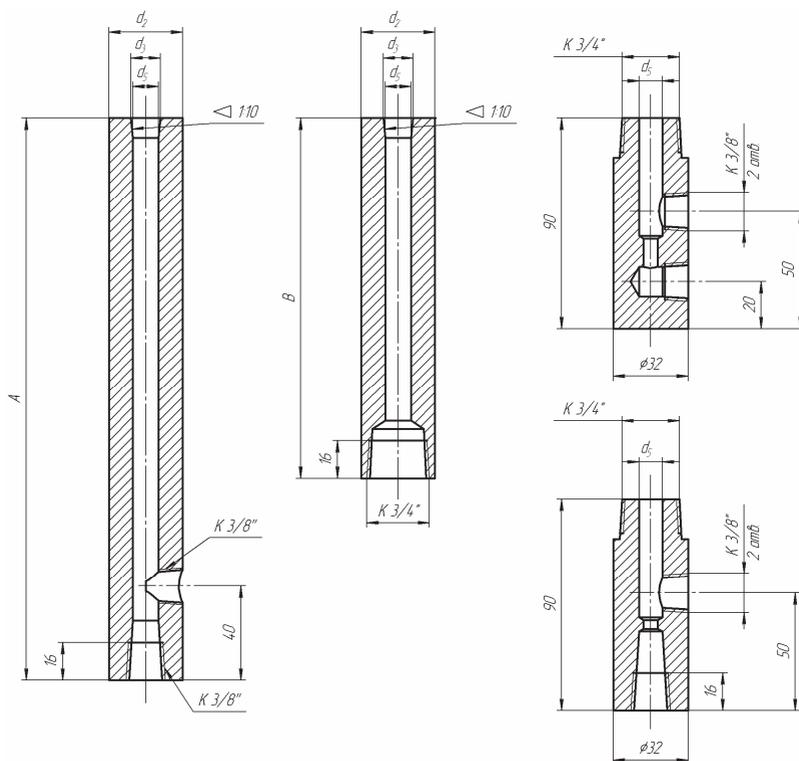
Примеры эскизов вторичных контуров специальных контактных сварочных машин (сечения элементов не показаны)





Приложение 3

Рекомендуемые размеры электрододержателей

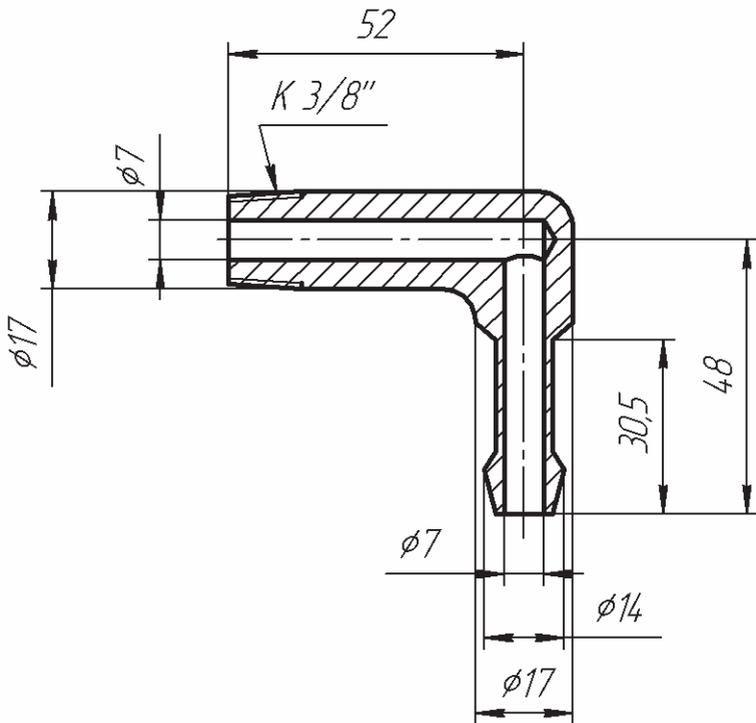
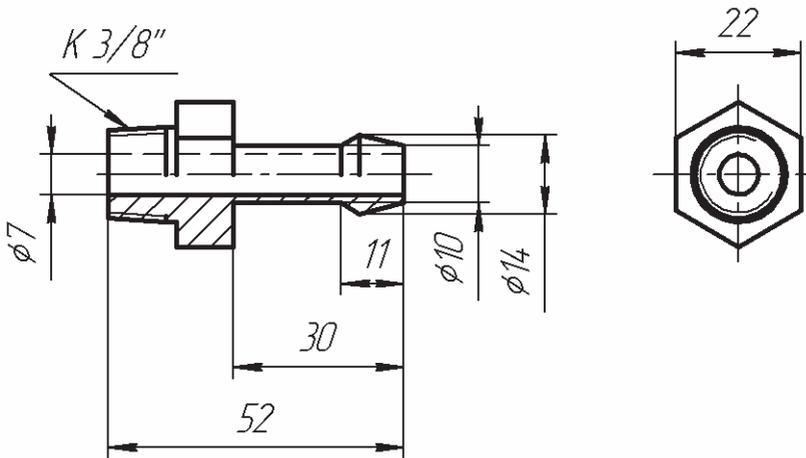


Вместо резьбы $K 3/8''$ возможна $K 1/4''$

Электродная посадка	d_2 , мм	d_3 , мм	d_5 , мм	Усилие на электроде, кН	Условное обозначение		Длина электрододержателя, мм					
					Исп. 1	Исп. 2	A	B				
A10	16	9,8	8,5	2,5	EH 01	-	100, 160, 250, 320, 400	63, 100, 160, 250, 320, 400				
	20				EH 02	-						
	25				EH 03	-						
A13	20	12,7	11	4	EH 04	-			100, 160, 250, 320, 400	63, 100, 160, 250, 320, 400		
	25				EH 05	-						
	31,5				EH 06	EH 11						
	40				-	EH 12						
A16	25	15,5	13,5	6,3	EH 07	-					100, 160, 250, 320, 400	63, 100, 160, 250, 320, 400
	31,5				EH 08	EH 13						
	40				-	EH 14						
A20	31,5	19	16,5	10	EH 09	EH 15	100, 160, 250, 320, 400	63, 100, 160, 250, 320, 400				
	40				-	EH 16						
A25	40	24,5	21,5	16	-	EH 17						

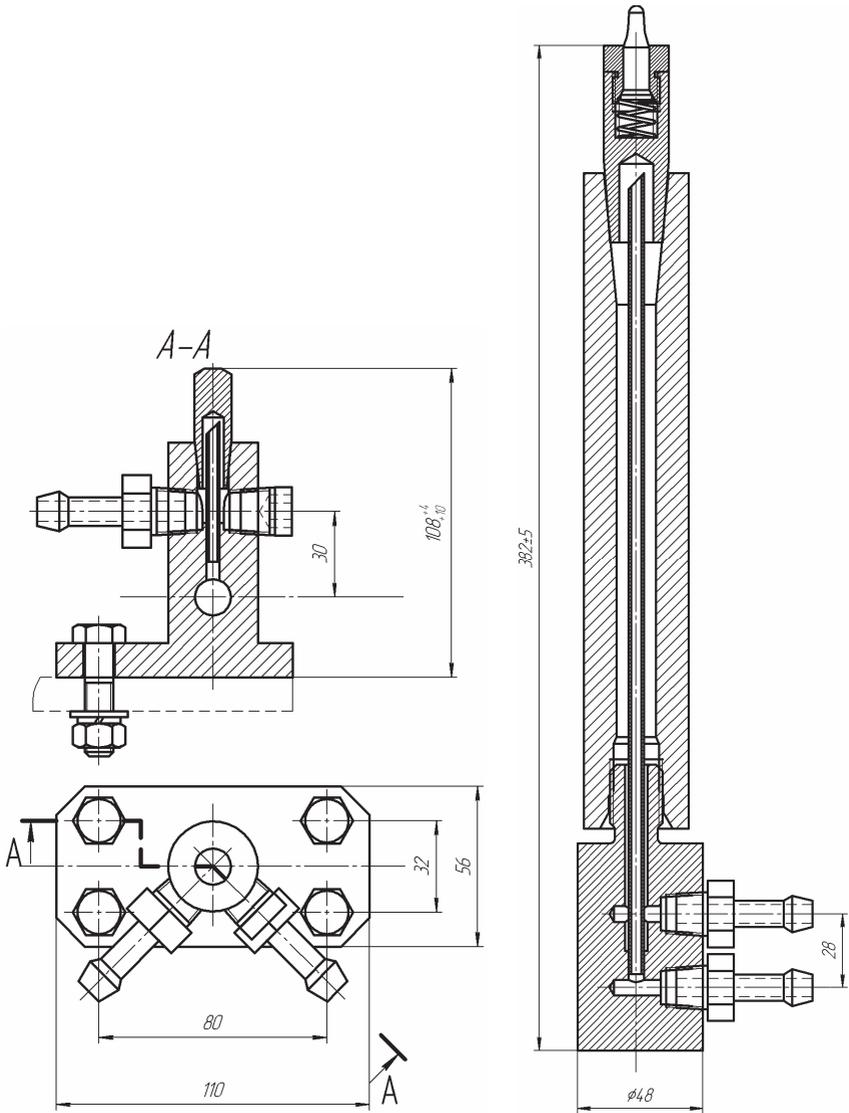
Приложение 4

Ориентировочные размеры штуцеров подачи воды



Приложение 5

Примеры проектирования электродных узлов специальных контактных сварочных машин



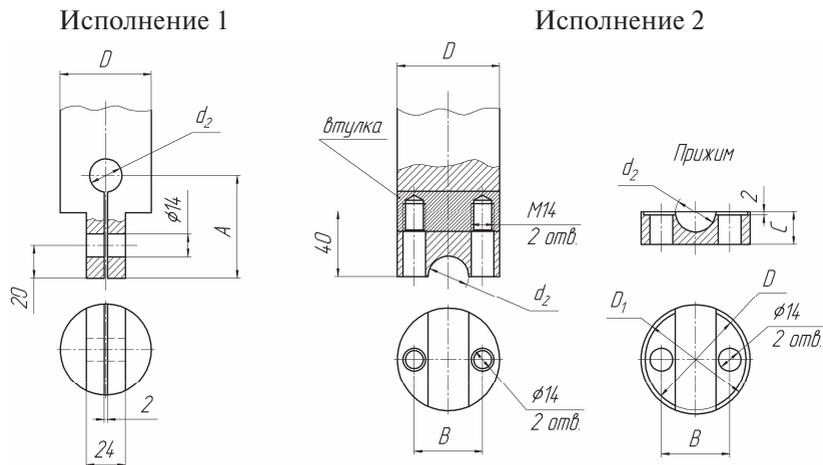
Приложение 7

Нормальные линейные размеры по ГОСТ 6636-90

Ряды				Ряды				Ряды			
<i>Ra5</i>	<i>Ra10</i>	<i>Ra20</i>	<i>Ra40</i>	<i>Ra5</i>	<i>Ra10</i>	<i>Ra20</i>	<i>Ra40</i>	<i>Ra5</i>	<i>Ra10</i>	<i>Ra20</i>	<i>Ra40</i>
1,0	1,0	1,0	1,0	10	10	10	10	100	100	100	100
			1,05				10,5				105
		1,1	1,1			11	11			110	110
			1,15				11,5				120
	1,2	1,2	1,2		12	12	12		125	125	125
			1,3				13				130
		1,4	1,4			14	14			140	140
			1,5				15				150
1,6	1,6	1,6	1,6	16	16	16	16	160	160	160	160
			1,7				17				170
		1,8	1,8			18	18			180	180
			1,9				19				190
	2,0	2,0	2,0		20	20	20		200	200	200
			2,1				21				210
		2,2	2,2			22	22			220	220
			2,4				24				240
2,5	2,5	2,5	2,5	25	25	25	25	250	250	250	250
			2,6				26				260
		2,8	2,8			28	28			280	280
			3,0				30				300
	3,2	3,2	3,2		32	32	32		320	320	320
			3,4				34				340
		3,6	3,6			36	36			360	360
			3,8				38				380
4,0	4,0	4,0	4,0	40	40	40	40	400	400	400	400
			4,2				42				420
		4,5	4,5			45	45			450	450
			4,8				48				480
	5,0	5,0	5,0		50	50	50		500	500	500
			5,3				53				530
		5,6	5,6			56	56			560	560
			6,0				60				600
6,3	6,3	6,3	6,3	63	63	63	63	630	630	630	630
			6,7				67				670
		7,1	7,1			71	71			710	710
			7,5				75				750
	8,0	8,0	8,0		80	80	80		800	800	800
			8,5				85				850
		9,0	9,0			90	90			900	900
			9,5				95				950

Приложение 8

Рекомендуемые размеры хоботов электродержателей



D, мм	d ₂ , мм	Обозначение		Исполнение 1 A, мм	Исполнение 2		
		Исполнение 1	Исполнение 2		B, мм	C, мм	D ₁ , мм
40	16	АН 010	-	56	-	-	-
	16	АН 020	-				
56	20	АН 021	-	63	-	-	-
	25	АН 022	-				
63	20	-	АН 110	-	42	20	67
	25	-	АН 111				
80	20	-	АН 120	-	50	25	85
	25	-	АН 121				
	31,5	-	АН 122				
110	25	-	АН 130	-	63	32	115
	31,5	-	АН 131				
	40	-	АН 132				

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	3
1.1. Цель курсовой работы	3
1.2. Порядок выполнения курсовой работы	3
1.3. Требования к пояснительной записке и графической части	4
2. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	5
2.1. Задание геометрических параметров точечных сварных соединений по ГОСТ 15878-79	5
2.2. Расчёт параметров режима контактной точечной сварки	7
2.3. Проектирование сварочных электродов	13
2.4. Проектирование вторичного контура контактной сварочной машины	18
2.5. Проектирование и выбор сварочного трансформатора	22
2.6. Условное обозначение спроектированной контактной сварочной машины по ГОСТ 297-80	30
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	33
ПРИЛОЖЕНИЯ	34

Учебное издание

*Алексей Сергеевич КЛИМОВ,
Иван Викторович СМИРНОВ*

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ
КОНТАКТНОЙ СВАРКИ

Учебно-методическое пособие
по выполнению курсовой работы

Редактор *В.С. Павлова*
Компьютерная вёрстка *И.И. Шишкиной*
Дизайн обложки *И.И. Шишкиной*

Подписано в печать 10.07.2008. Формат 60x84/16.
Печать оперативная. Усл. п. л. 3. Уч.-изд. л. 2,79.
Тираж 100 экз. Заказ № 1-91-08.

Тольяттинский государственный университет
445667, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14

