

**Министерство образования и науки, молодежи и спорта Украины
Донбасская государственная машиностроительная академия**

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ СВАРКИ ДАВЛЕНИЕМ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к курсовому проекту
для студентов специальности 6.05050401
«Технология и оборудование сварки»
дневной и заочной форм обучения

Утверждено
на заседании кафедры ОиТСП
Протокол № 20 от 05.06.2012 г.

Краматорск, 2012

УДК 621.791

Технология и оборудование сварки давлением: методические указания к курсовому проекту для студентов специальности 6.05050401 «Технология и оборудование сварки» дневной и заочной форм обучения / сост. Д. А. Волков. – Краматорск: ДГМА, 2012. – 68 с.

Составлены с учетом тематики и объема проекта по данному курсу. Помогут в выполнении расчетной части курсовой работы.

Составитель Д. А. Волков, канд. техн. наук, ст. препод.

Отв. за выпуск Н. А. Макаренко, д-р техн. наук, проф.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Назначение, описание конструкции изделия и условий его работы....	6
2 Характеристика материала изделия и оценка его свариваемости на контактных машинах.....	6
2.1 Научный раздел.....	6
2.2 Пояснительная записка.....	6
3 Обоснование способа сварки, выбор типа соединения.....	7
4 Расчет режимов сварки.....	7
4.1 Определение параметров режима точечной сварки.....	7
4.2 Определение параметров режима шовной сварки.....	12
4.3 Определение параметров режима стыковой сварки непрерывным оплавлением.....	14
5 Расчет и проектирование сварочного контура.....	18
5.1 Определение габаритных размеров сварочного контура.....	18
5.2 Определение сечения элементов сварочного контура.....	19
5.3 Расчет полного сопротивления сварочного контура.....	21
5.4 Расчет механизма сжатия контактных машин.....	27
6 Расчет сварочного трансформатора.....	29
7 Разработка технологического процесса изготовления изделия.....	38
8 Техническое нормирование работ на контактную сварку.....	41
9 Расчет сварочного оборудования и численности основных производственных рабочих.....	49
Список рекомендованной литературы.....	50
Приложение А. Некоторые теплофизические свойства металлов.....	51
Приложение Б. Перечень типовых заданий к курсовой работе.....	53
Приложение В. Теплофизические свойства некоторых металлов и сплавов.....	65

ВВЕДЕНИЕ

Контактная сварка – прогрессивный, универсальный и широко распространенный в промышленности способ соединения металлов.

Проект по дисциплине «Технология и оборудование контактной сварки» выполняется в течение 8-го семестра, в период изучения специальных дисциплин.

Проект по ТиОКС имеет ряд отличий от аналогичных работ по курсам «Детали машин», «Подъемно-транспортные машины» и «Сварные конструкции», которые выполняются на III и IV курсах. При их выполнении учащимся предлагаются объекты разработок с достаточно четкой расчетной схемой и хорошо разработанными методиками расчета.

В предлагаемом проекте выбрать принципиальные схемы объектов для конструкторских разработок (сварочные приспособления) довольно сложно. Эта особенность разрабатываемых конструкций требует индивидуального творческого подхода. Свою работу студенты должны строить на основе знаний общих и специальных технологических дисциплин, вопросов автоматизации и механизации производства, эргономики и художественного конструирования, экономики и организации производства, а также на основе теоретического и практического знакомства со сварочным оборудованием для контактной сварки.

Данная работа является подготовкой к конструкторской части дипломного проекта.

Основная цель курсового проекта – приобретение студентом конкретных навыков по расчету и конструированию машин и приспособлений для электрической контактной сварки и разработке технологического процесса изготовления изделий.

Задача курсового проекта:

- развитие навыков самостоятельной работы при решении конкретных инженерных задач;
- систематизация, закрепление и расширение научно-теоретических и практических знаний по курсу «Технология и оборудование контактной сварки»;
- развитие творческих способностей студентов при решении научно-технических и проектно-конструкторских задач применительно к конкретному заданию;
- закрепление навыков в работе с общетехнической, специальной и патентной литературой;
- углубление знаний в области контактной сварки, полученных студентами при изучении специальных общепромышленных дисциплин;
- применение ЭВМ в инженерных расчетах.

Курсовой проект состоит из графической части и пояснительной записки.

Графическая часть проекта состоит из трех листов формата А1.

1-й и 2-й листы – приспособление для сборки и сварки изделия.

3-й лист – план участка цеха по изготовлению изделия и циклограмма работы контактной машины.

Пояснительная записка (ПЗ) выполняется рукописным способом на одной стороне листа белой бумаги формата А4 с нанесением на нем рамки. Для заглавного листа пояснительной записки используют основную надпись (форма 2 по ГОСТ 2.104 – 68). Основная надпись второго листа пояснительной записки оформляется в соответствии с формой 2а по ГОСТ 2.104 – 68. Остальные листы записки выполняются с рамками, но без основных надписей. Номер страницы при этом проставляется в правом нижнем углу. В содержании следует перечислить заголовки всех разделов и подразделов с указанием номеров страниц, на которых помещены эти заголовки.

Пояснительная записка должна содержать 30...35 страниц рукописного текста и иметь следующие разделы:

Задание (вариант выдается преподавателем)

Содержание

Введение

1 Назначение, описание конструкции изделия и условия его работы

2 Характеристика материала изделия и оценка его свариваемости на контактных машинах

3 Обоснование способа сварки и выбор типа соединения

4 Расчет режимов сварки

5 Проектирование и расчет сварного контура машины

6 Расчет сварочного трансформатора

7 Разработка технологического процесса изготовления изделия

8 Техническое нормирование работ на контактную сварку

9 Расчет сварочного оборудования и численности основных производственных рабочих

10 Список литературы

Приложение

Во введении следует отразить особенности и преимущества контактной сварки перед другими способами получения неразъемного соединения, ее роль в техническом прогрессе, цель и задачи работы.

1 НАЗНАЧЕНИЕ, ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЯ И УСЛОВИЙ ЕГО РАБОТЫ

В пояснительной записке дается описание конструкции узла или изделия с указанием отдельных деталей и их назначение. Необходимо в записке поместить эскиз изделия с указанием общих габаритных размеров. Здесь же следует отметить условия работы изделия – уровень и характер механических нагрузок, испытываемых деталями; рабочие температуры, требования к жесткости конструкции и плотности (герметичности соединения, наличию агрессивной среды и т. д.).

2 ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИАЛА ИЗДЕЛИЯ И ОЦЕНКА ЕГО СВАРИВАЕМОСТИ НА КОНТАКТНЫХ МАШИНАХ

2.1 Научный раздел

Литературный обзор современного состояния технологий сварки давлением указанных материалов (в соответствии с вариантом) с учетом их физико-химических свойств, а также особенности проектирования технологической оснастки при серийном производстве с учетом материалоемкости и энергоемкости.

2.2 Пояснительная записка

Исходя из условий работы изделия, студент должен обосновать (или выбрать) материал для конструкции, учитывая его технологичность, стоимость и т. д.

В пояснительной записке следует привести химический состав сплава, его основные физические свойства (коэффициент тепло- и электропроводности, теплоемкость, температуру плавления, плотность и т. п.), а также его механические характеристики, вид термообработки. Все сведения о металле изделия сводятся в таблицы.

Оценка свариваемости должна производиться по литературным данным, исходя из теплофизических свойств металла или сплава и общих представлений о процессе образования соединений при контактной сварке.

При этом необходимо указать на условия образования сварного соединения в жидкой и твердой фазе, возможные изменения химического состава и структуры металла. Кроме того, необходимо провести анализ степени развития сопутствующих процессов, например эффекта воздействия тепла на металл околошовной зоны. Проанализировать процессы, которые могут протекать в околошовной зоне в результате термического цикла и пластической деформации, способствующие образованию зака-

лочных структур, холодных и горячих трещин, потере коррозионной стойкости и др.

В результате этого анализа должен быть выбран оптимальный для данного материала и конструкции изделия термомеханический цикл по усилию сжатия или осадки, току, скорости оплавления и осадки, продолжительности нагрева и т. д. В частности, при точечной или шовной сварке высокопрочных материалов целесообразно использовать относительно мягкие режимы при значительных условиях сжатия. Соединения деталей из закаливающихся сталей, например типа 30ХГСНА, рекомендуется производить с применением программированных по току режимов. Сварка деталей больших толщин отличается использованием повышенного ковочного усилия.

3 ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА СВАРКИ И ВЫБОР ТИПА СОЕДИНЕНИЯ

На основании анализа особенностей конструкции, условий работы изделия и свариваемости материала производится выбор способа контактной электросварки (точечной, шовной, рельефной, стыковой и др.). При этом необходимо учитывать требования к плотности сварных соединений, возможности коробления деталей, удобства подхода электродов и роликов к месту сварки, технологичность и производительность процесса (программу выпуска изделий). При изготовлении изделий сложной формы в условиях массового производства можно использовать многоточечную сварку.

С учетом выбранного способа сварки студент должен спроектировать сварное соединение и представить его эскиз с указанием всех размеров (толщины деталей, величины нахлестки, расстояния точки или оси шва от края и т. д.) и обозначением сварных соединений по ГОСТ 15878 – 79.

4 РАСЧЕТ РЕЖИМОВ СВАРКИ

Выбор рационального режима сварки является важнейшим условием получения качественных сварных соединений. Исходными данными для определения режима сварки служат теплофизические свойства и толщина металла деталей, а также особенности применяемого сварочного оборудования. Данные по расчету и выбору параметров сварочного режима для конструкции из различных материалов и сплавов являются исходными при конструировании соответствующего оборудования контактной точечной сварки.

4.1 Определение параметров режима точечной сварки (табл. 1)

Величина сварочного тока, необходимая для образования сварной точки, может быть определена по закону Джоуля – Ленца [12]:

$$I_{CB} = \sqrt{Q_{\Sigma} / (m_r R_{Д.КОН} t_{CB}} ,$$

где I_{CB} – действующее значение тока при любой форме импульса (под I_{CB} понимается условная величина постоянного тока, вызывающего тот же тепловой эффект, что и действительный импульс), А;

Q_{Σ} – теплота, выделяющаяся при протекании тока через участок «электрод – электрод», Дж;

m_r – коэффициент, учитывающий изменение сопротивления во время сварки. Для низкоуглеродистых и низколегированных сталей $m_r = 1,0 \dots 1,1$; для алюминиевых и магниевых сплавов $m_r = 1,2 \dots 1,4$; для коррозионно-стойких сталей и титана $m_r = 1,1 \dots 1,2$;

$R_{Д.КОН}$ – сопротивление деталей к концу нагрева (приложение Б);

t_{CB} – технологически целесообразное время.

*Таблица 1 – Параметры некоторых конструктивных элементов точечных и шовных соединений группы А (ГОСТ 15878 – 79) при сварке деталей одинаковой толщины односторонним швом, мм**

Толщина деталей $\delta_1 = \delta_2$	Минимальный диаметр литого ядра, ширина литой зоны	Минимальная величина нахлестки, В		Минимальный шаг между точками для алюминиевых, магниевых, медных сплавов
		Алюминиевые, магниевые, медные сплавы	Стали, титановые сплавы	
0,5	3	10	8	10
1,0	4	14	11	15
1,2	5	16	13	17
1,5	6	18	14	20
2,0	7	20	17	25
2,5	8	22	19	30
3,0	9	26	21	35
4,0	12	32	28	45
5,0	14	40	34	55
6,0	16	50	42	65

Примечание. * При $\delta_1 \neq \delta_2$ диаметр ядра выбирают в пределах (1...1,25) меньшей толщины листа.

Теплота Q_{Σ} определяется по формуле

$$Q_{\Sigma} = Q_1 + Q_2 + Q_3,$$

где Q_1 – энергия, затрачиваемая при нагреве до температуры плавления $T_{пл}$, K , столбика металла свариваемых деталей высотой 2δ и диаметром основания $d_{я}$,

$$Q_1 = \frac{CTd_{я}^2}{4} 2\delta c \gamma \Delta T_{пл},$$

здесь C – теплоемкость свариваемого металла, Дж/кг·К;

γ – плотность свариваемого металла, кг/м³;

δ – толщина одной пластины, м;

$d_{я}$ – диаметр литого ядра сварной точки, регламентируется ГОСТ 15878 – 79 [14]. Для упрощения в дальнейших расчетах принимать $d_{я} = d_k$ – диаметр контакта электрода с деталью;

Q_2 – теплота, расходуемая на нагрев до $T_{пл}/4$, К, свариваемого металла в виде кольца шириной X_2 , окружающего литое ядро:

$$Q_2 = K_1 \pi X_2 (d_{я} + X_2) 2\delta c \gamma (\Delta T_{пл}/4),$$

здесь K_1 – коэффициент, близкий к 0,8, учитывает, что средняя температура кольца ниже средней температуры $\Delta T/4$ в связи со сложным распределением температуры;

X_2 – ширина кольца, окружающего ядро, м. На практике для низкоуглеродистых и низколегированных сталей принимают

$X_2 = 1,2 \sqrt{t_{CB}} \cdot 10^{-2}$; для нержавеющей $X_2 = 1,1 \sqrt{t_{CB}} \cdot 10^{-2}$; для

алюминиевых сплавов $X_2 = 3,1 \sqrt{t_{CB}} \cdot 10^{-2}$; для меди

$X_2 = 3,3 \sqrt{t_{CB}} \cdot 10^{-2}$; для сплавов титана $X_2 = 1,1 \sqrt{t_{CB}} \cdot 10^{-2}$ (t_{CB} – время сварки);

Q_3 – потери теплоты в электроды или нагрев условного цилиндра (внутри электрода) высотой X_3 до средней температуры:

$$T_3 = \Delta T_{пл}/8,$$

$$Q_3 = 2K_2 (\pi d_{я}/4) X_3 C_3 \gamma_3 (\Delta T_{пл}/8),$$

здесь K_2 – коэффициент, учитывающий форму электрода (для цилиндрического $K_2 = 1$; для конического $K_2 = 1,5$; для сферического $K_2 = 2,0$);

X_3 – определяется временем сварки и температуропроводностью, м ($X_3 = 3,3 \sqrt{t_{CB}} \cdot 10^{-2}$);

C_3 , Дж/кг·К и γ , кг/м³ – теплоемкость и плотность металла электрода соответственно (приложение Б).

Сопротивление деталей к концу нагрева $R_{д.кон}$ определяется по справочным данным, полученным при сварке на номинальных режимах и номинальных размерах литой зоны соединений (приложение Б).

Сопротивление шунта находится из формулы

$$R_{ш} = K_{п} \rho_T (2 l/h\delta),$$

где $K_{п}$ – коэффициент поверхностного эффекта (табл. 2);

ρ_T – удельное электрическое сопротивление материала пластин при температуре, равной 0,2...0,4 $T_{пл}$ (меньшие значения относятся к материалам с большей теплопроводностью). В расчетах можно принять: для малоуглеродистых сталей $\rho_T = 80 \cdot 10^{-8}$ Ом·м; для нержавеющей сталей $\rho_T = 110 \cdot 10^{-8}$ Ом·м; для титановых сплавов $\rho_T = 120 \cdot 10^{-8}$ Ом·м; для алюминиевых сплавов $\rho_T = 95 \cdot 10^{-8}$ Ом·м;

l – шаг точек, м·10⁻³;

h – ширина полосы, по которой шунтируется ток, м. Величина h находится из зависимости $h/l = f(1d_K)$, представленной на рис. 1.

Таблица 2 – Зависимость коэффициента поверхностного эффекта от толщины листов

$\delta, \text{м} \cdot 10^{-3}$	1	1,5	2	3	4	5	6	9
$K_{п}$	1	1,2	1,3	1,5	1,9	2,6	3	3,6

Ток шунтирования через ранее сваренную точку определяется выражением

$$I_{ш} = I_{св}(R_{д.кон} / R_{ш}).$$

Ток во вторичном контуре машины I_2 находится по формуле

$$I_2 = I_{св} + I_{ш}.$$

Эквивалентное сопротивление $R_{экв}$, необходимое для расчета сопротивления сварочного контура, находится из формулы

$$R_{\text{ЭКВ}} = R_{\text{Ш}} R_{\text{Д.КОН}} / R_{\text{Ш}} R_{\text{Д.КОН}}.$$

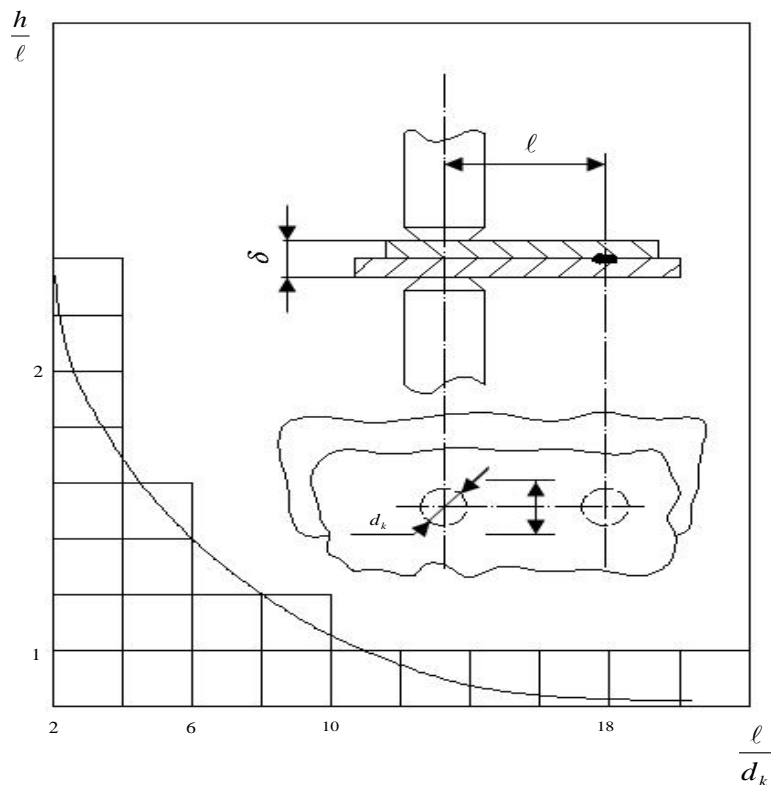


Рисунок 1 – К определению эквивалентной ширины h ветви шунтирования при точечной сварке (в расчетах принять $d_k = d_{\text{я}}$)

Ток во вторичном контуре машины I_2 находится по формуле

$$I_2 = I_{\text{св}} I_{\text{Ш}}.$$

Эквивалентное сопротивление $R_{\text{ЭКВ}}$, необходимое для расчета сопротивления сварочного контура, находится из формулы

$$R_{\text{Ш}} = \frac{R_{\text{Ш}} R_{\text{Д.КОН}}}{R_{\text{Ш}} + R_{\text{Д.КОН}}}.$$

4.2 Определение параметров режима шовной сварки

Основные расчетные зависимости для определения параметров режима шовной контактной сварки:

1 *Усилие сжатия* P , H , между роликами для малоуглеродистых сталей и алюминиевых сплавов

$$P = 500 + 2 \cdot 10^6 \delta,$$

где δ – толщина одного из свариваемых листов, м.

Значение P для нержавеющей, жаропрочных сталей и титана определяется по формуле

$$P = 2(500 + 2 \cdot 10^6 \delta).$$

При некачественной сборке и жесткой конструкции, а также жестком материале усилие сжатия принимается на 10 % больше расчетного.

2 *Время включения сварочного тока* (длительность одного импульса сварочного тока $t_{и}$, с):

- для среднеуглеродистых сталей $t_{и} = 0,04(1 + \delta^2 \cdot 10^6)$;
- для нержавеющей сталей $t_{и} = 0,03(1 + \delta^2 \cdot 10^6)$;
- для алюминиевых сплавов $t_{и} = 0,02(1 + \delta^2 \cdot 10^6)$;
- для сплавов титана $t_{и} = 0,03(1 + \delta^2 \cdot 10^6)$.

Отношение импульса времени $t_{и}$ к общему времени одного цикла $t_{и} + t_{п}$ ($t_{п}$ – время паузы, с) определяется из зависимости $t_{и}/t_{и} + t_{п} = 0,5 \dots 0,7$ для среднеуглеродистых сталей; $t_{и}/t_{и} + t_{п} = 0,4 \dots 0,6$ для нержавеющей сталей и титана; $t_{и}/t_{и} + t_{п} = 0,15 \dots 0,36$ для алюминиевых сплавов.

3 *Шаг точек* при роликовой сварке устанавливается в зависимости от толщины свариваемых деталей, а также требований герметичности (перекрытие литых зон на 20...50 %). Шаг точек S , м, для герметичных роликовых швов ориентировочно определяется по зависимости $S = (2,8 \dots 3,2)\delta$ для малоуглеродистых и низколегированных сталей; $S = (2,4 \dots 2,8)\delta$ для нержавеющей и жаропрочных сталей; $S = (1,5 \dots 2,5)\delta$ для сплавов алюминия. Скорость сварки $V_{св}$, мм/с, можно определить из отношения $V_{св} = S/t_{и} + t_{п}$.

Величину действующего значения сварочного тока при шовной сварке $I_{св}$, А, необходимую для формирования единичной точки, можно определить приближенно по формуле, аналогичной для расчета при точечной сварке:

$$I_{св} = \sqrt{Q_{эз}/m_f R_{д.кон} t_{и}}.$$

Учитывая, что площадь сечения литой зоны точки (в плоскости свариваемых деталей) при шовной сварке будет больше, чем при точечной, за счет увеличения ее размера в направлении скорости сварки, в расчетах $I_{св}$ следует принять

$$d_{я} = d_{т.ш} \approx 1,1 \dots 1,2 b_{ш}.$$

Ширина шва $b_{ш}$ выбирается по табл. 3.

Таблица 3 – Ширина шва $b_{ш}$ и рекомендуемая ширина рабочей части роликов f при шовной сварке

δ одной детали, мм	0,5	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0
$b_{ш}, \text{м} \cdot 10^{-3}$	2,5... 3,5	3,9... 4,0	3,5... 4,5	5,5... 6,5	6,5... 8,0	7,5... 9,0	8,0... 9,5	10,0... 11,5
$f, \text{м} \cdot 10^{-3}$	4,0	5,0	5,0	7,0	8,0	9,0	10,0	–

Значение сопротивления $R_{д.кон}$ принимается по таблице, приведенной в приложении А.

Ток шунтирования $I_{ш}$, А, в ранее сваренную точку находится из выражений:

$$I_{ш} = I_{св} \left[\frac{0,64}{1 - \frac{1}{\sqrt{(d_{т.ш.} / 2\delta)^2 + 1}}} - 0,5 \right]$$

или

$$I_{ш} = I_{св} \cdot 3 \frac{\delta}{d_{т.ш.}}.$$

Общий вторичный ток машины I_2 находится как сумма действующего значения тока и тока шунтирования:

$$I_2 = I_{св} + I_{ш}.$$

После расчета значения I_2 сравнить с рекомендуемым.

Для определения сопротивления шунта можно воспользоваться зависимостью

$$R_{ш} = R_{д.кон} \frac{I_{св}}{I_{ш}}.$$

Эквивалентное сопротивление на участке «электрод – электрод» находится из формулы

$$R_{\text{ЭКВ}} = \frac{R_{\text{Д.КОН}} R_{\text{Ш}}}{R_{\text{Д.КОН}} + R_{\text{Ш}}}.$$

4.3 Определение параметров режима стыковой сварки непрерывным оплавлением

Основные параметры процесса стыковой сварки следующие:

F – площадь поперечного сечения деталей, м^2 ;

l_1, l_2 – установочная длина (рис. 2), м ;

$\Delta_{\text{ос}}$ – припуск на осадку, м ;

$\Delta_{\text{опл}}$ – припуск на оплавление, м ;

$\Delta_{\text{св}} = \Delta_{\text{ос}} + \Delta_{\text{опл}}$ – припуск на сварку, м ;

$V_{\text{ос}}$ – скорость осадки, м/с ;

$V_{\text{опл}}$ – скорость оплавления, м/с ;

$t_{\text{ос}}$ – время осадки, с ;

$t_{\text{опл}}$ – время оплавления, с ;

$t_{\text{св}} = t_{\text{ос}} + t_{\text{опл}}$ – время сварки, с ;

$I_{\text{св}}$ – ток сварочный, А ;

j – плотность сварочного тока, А/м^2 ;

$P_{\text{заж}}$ – усилие зажатия деталей в губках, Н ;

$P_{\text{ос}}$ – усилие осадки, Н .

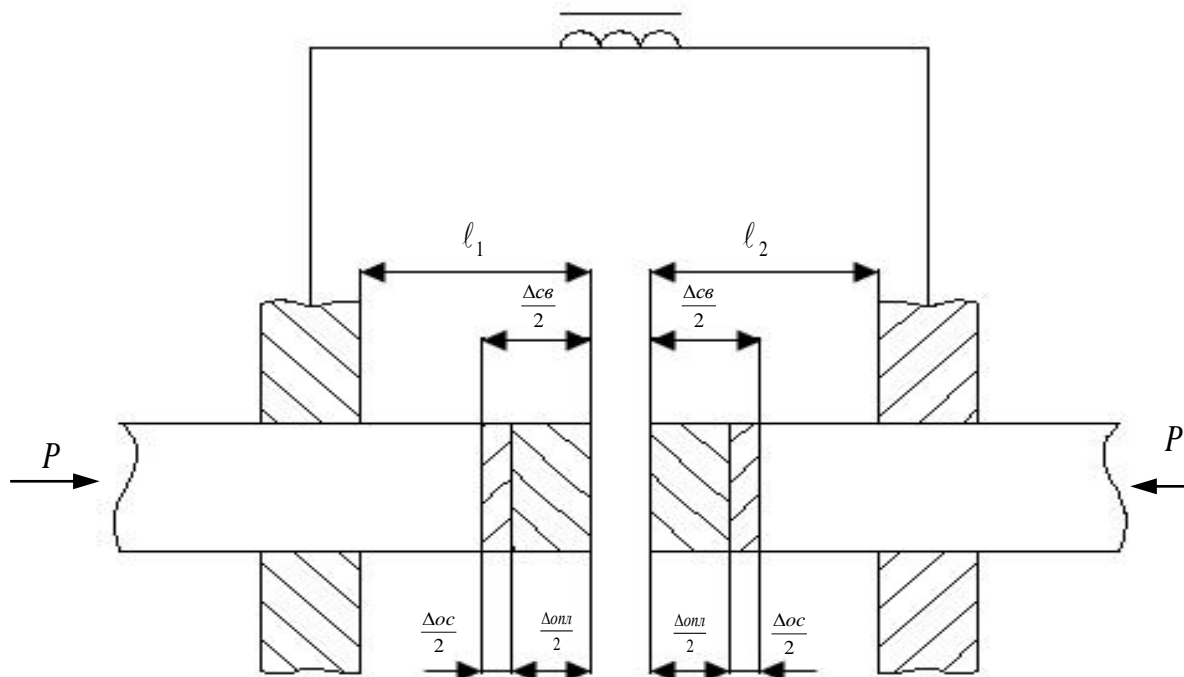


Рисунок 2 – Схема процесса стыковой сварки оплавлением

Установочная длина определяется:

– для круглого сечения и квадрата:

$$l_1 + l_2 = (0,75 \dots 1)d;$$

– для прямоугольного сечения с толщиной δ :

$$l_1 + l_2 = (4 \dots 5)\delta.$$

Припуск на сварку выбирается в зависимости от площади поперечного сечения деталей по табл. 4.

Таблица 4 – Припуски на сварку

$F, \text{м}^2 \cdot 10^{-6}$	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000
$\Delta_{\text{св}}, \text{м} \cdot 10^{-3}$	17...18	19...21	24...26	27...29	30...32	33...35	37...39	40...42

Припуски:

– на осадку $\Delta_{\text{ос}} = (0,2 \dots 0,3) \Delta_{\text{св}}$;

– на оплавление $\Delta_{\text{опл}} = (0,7 \dots 0,8) \Delta_{\text{св}}$.

Скорость оплавления $V_{\text{опл}}$ (табл. 5) должна возрастать к концу процесса и достигать максимального значения перед осадкой. Низкая начальная скорость оплавления увеличивает глубину прогрева деталей, а высокая конечная скорость оплавления предупреждает окисление металла на торцах деталей.

Таблица 5 – Скорости оплавления и осадки

Материал	Скорость оплавления $V_{\text{опл}} \cdot 10^{-3}, \text{м/с}$		Скорость осадки начальная $V_{\text{ос.нач}} \cdot 10^{-3}, \text{м/с}$, не менее
	средняя	перед осадкой	
Малоуглеродистая сталь	0,5...1,5	2...5	15...20
Низколегированная сталь	1,5...2,0	4...5	20...30
Аустенитная сталь	2,5...3,5	5...7	30...50
Легкие сплавы	3...7	8...15	100...200

Начальная скорость осадки $V_{\text{ос}}$ должна быть не ниже определенного предела, который растет с увеличением склонности металла к окислению (см. табл. 5).

Скорость осадки должна уменьшаться вдвое после того, как включается сварочный ток.

Средняя скорость осадки определяется как $V_{oc.cp} = 0,75V_{oc.nach}$.

Длительность процессов:

– оплавления $t_{опл} = \Delta_{опл} / V_{опл}$;

– осадки $t_{ос} = \Delta_{ос} / V_{ос.cp}$;

– сварки $t_{св} = t_{опл} + t_{ос}$.

Усилие зажатия электродов: $P_{зж} = f(P_{ос})$, где $P_{ос} = \rho F$, здесь ρ – удельное сопротивление осадки (табл. 6).

Таблица 6 – Значения удельного давления

Материал	Удельное давление $P \cdot 10^6$, Па
Низкоуглеродистая сталь	50...20
Среднеуглеродистая сталь	60...30
Высокоуглеродистая сталь	70...100
Алюминий	120...150
Титан	30...60

Тогда

$$P_{зж} = \frac{P_{ос}}{f_1 + f_2},$$

где f_1 и f_2 – коэффициенты трения для губок, $f_1 = 0,25$; $f_2 = 0,30$, или

$$P_{зж} = K_{зж} P_{ос},$$

где $K_{зж}$ – коэффициент зажатия (определяется из табл. 7).

Таблица 7 – Значения коэффициента зажатия

Свариваемые образцы	$K_{зж}$
Трубы и прутки из малоуглеродистой стали	1,5...2,0
Прутки из хромоникелевых нержавеющей сталей	2,2...3,0
Листовой прокат	2,3...3,2
Алюминиевые полосы	2,7
Алюминиевые полосы, если на губках есть насечка	0,8...1,0

Плотность тока для стальных деталей определяется из графика (рис. 3).

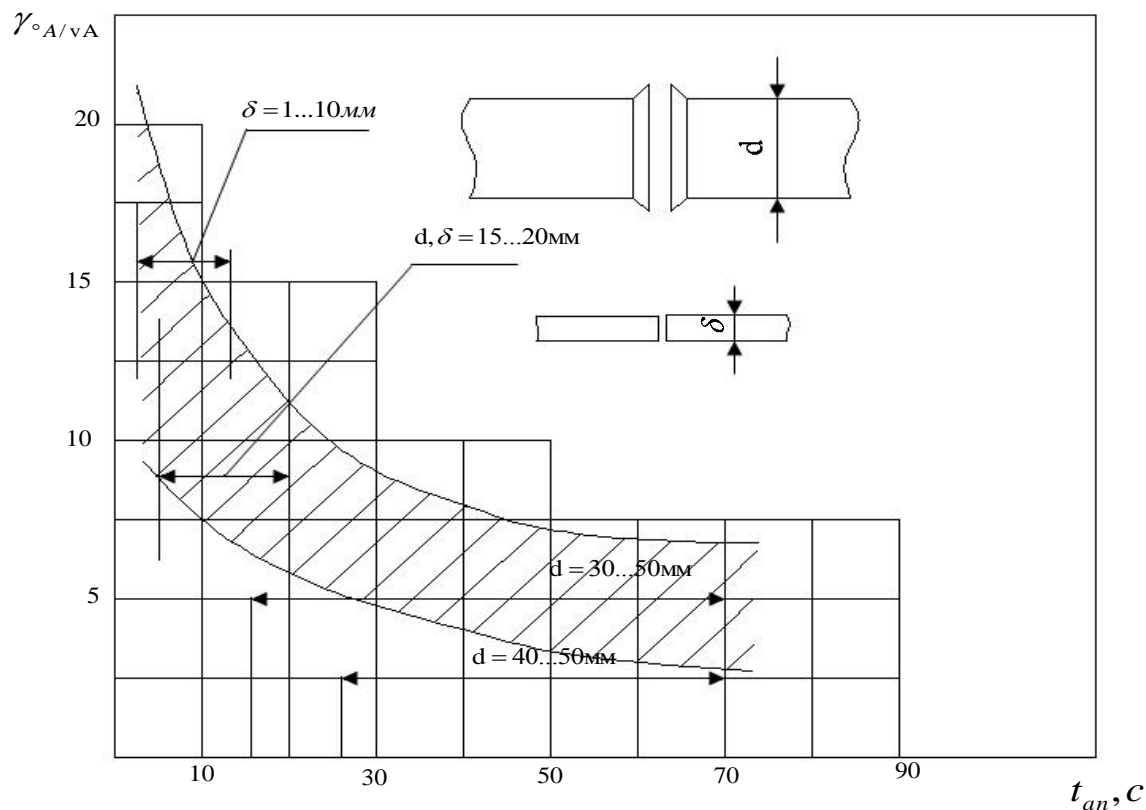


Рисунок 3 – Рекомендуемые значения плотности тока и времени оплавления

Сварочный ток определяется из уравнения тепловой мощности $Q_{\text{опл}}$, выделяемой на торцах при оплавлении:

$$Q_{\text{опл}} = R_{\text{опл}} I_{\text{св}}^2, \quad \text{откуда} \quad I_{\text{св}} = \sqrt{\frac{Q_{\text{опл}}}{R_{\text{опл}}}},$$

где $R_{\text{опл}}$ – сопротивление зоны оплавления;

$I_{\text{опл}}$ – действующее значение тока.

Величина $Q_{\text{опл}}$ находится из выражения, Дж/с,

$$Q_{\text{опл}} = KV_{\text{опл}}FC\gamma(T_{\text{опл}} - T_1) + m_o V_{\text{опл}} F\gamma \frac{T_{\text{пл}} + T_{\text{п}}}{T_{\text{пл}}} + 2\lambda F \frac{dT}{dx},$$

где $K = 0,7$ – коэффициент, учитывающий выброс металла в виде отдельных капель;

$V_{\text{опл}}$ – скорость оплавления;

F – площадь поперечного сечения стержней;

C – удельная теплоемкость, Дж/кг·К;

γ – удельный вес, кг/м³;

$T_{\text{опл}}$ – температура в месте контакта, $T_{\text{опл}} = 2270 \text{ К}$;

T_1 – начальная температура поверхности в момент контакта.

В начале оплавления $T_1 = 293 \text{ К}$ (комнатная температура); в конце оплавления $T_1 \approx T_{\text{опл}}$.

Принимаем

$$T_1 = (T_{\text{комн}} + 0,6T_{\text{опл}})/2,$$

где m_0 – удельная скрытая теплота плавления, Дж/кг (для малоуглеродистой стали $m_0 = 272 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$);

λ – коэффициент теплопроводности, Дж/м·с·К;

$T_{\text{п}}$ – температура предварительного подогрева, К;

dT/dx – градиент температур, для сталей $dT/dx = 2 \cdot 10^5 \dots 5 \cdot 10^5 \text{ К/м}$.

Для условий установившегося, непрерывного и интенсивного процессов оплавления величина $R_{\text{опл}}$ определяется по формуле

$$R_{\text{опл}} \approx \frac{V_{\text{опл}} \cdot \gamma \cdot c \cdot T_{\text{опл}}}{j^2 F}.$$

Для возбуждения оплавления необходимо иметь определенный запас устойчивости, который характеризуется отношением тока короткого замыкания к среднему сварочному току $I_{\text{кз}}/I_{\text{св}}$.

Для тонкостенных изделий (например, труб) $I_{\text{кз}}/I_{\text{св}} \geq 2,5 \dots 3$; для компактных сечений $I_{\text{кз}}/I_{\text{св}} \geq 5$.

5 РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВАРОЧНОГО КОНТУРА

Сварочный контур – это система токоведущих элементов и электрических контактов, обеспечивающих подвод тока от вторичного витка трансформатора к свариваемым деталям и передачу к ним усилия сжатия.

5.1 Определение габаритных размеров сварочного контура

Предварительно вычерчиваем эскиз сварочного контура с нанесением линейных размеров рабочего пространства L и H (рис. 4), которые зависят от габаритов свариваемых деталей и вида привода сжатия.

Чем дальше расположен трансформатор от электродов, тем больше вылет L и тем больше размеры деталей, которые могут быть сварены на данной машине без кантования. Однако увеличение вылета L и раствора H вызывает рост сопротивления вторичного контура и мощности, потребляемой от сети.

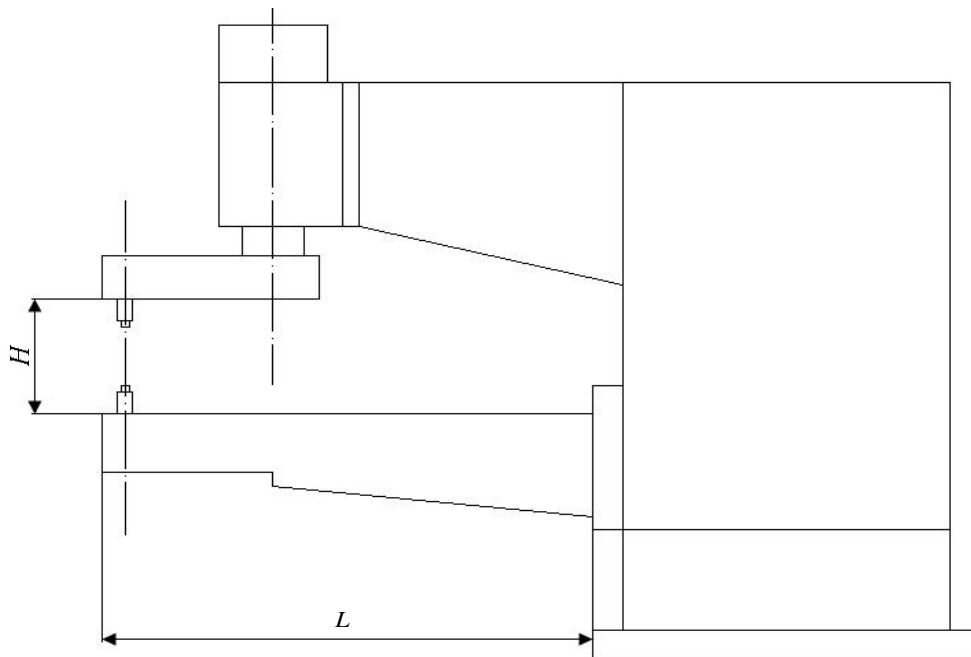


Рисунок 4 – Сварочный контур машины

Поэтому L вполне определена для каждой машины и должна соответствовать стандарту или техническому условию на машины. Например: 300, 500, 800, 1200, 1500 мм.

5.2 Определение элементов сечения сварочного контура

Сечение q элемента контура и площадь контакта рассчитывают по допустимой плотности тока j :

$$q = I_{2\text{дл}} / j,$$

где $I_{2\text{дл}}$ – длительный вторичный ток, А;

I_2 – ток во вторичном контуре машины, А;

ПВ – относительная продолжительность включения, %; определяется по формуле

$$\text{ПВ} = 100t_{\text{св}} / t_{\text{ц}} = 100 t_{\text{св}} / (t_{\text{св}} + t_{\text{п}}),$$

где $t_{\text{св}}$ – время сварки, с;

$t_{\text{п}}$ – пауза, с;

$t_{\text{ц}}$ – длительность полного цикла сварки, с (должна соответствовать ГОСТ 297 – 80);

j – допустимая плотность тока (табл. 8).

Таблица 8 – Значения допустимой плотности тока в элементах контура

Наименование элемента вто- ричного круга	Материал	Условия охлаждения	Допустимая плотность тока, А/мм ²	Примечание
1	2	3	4	5
Свечи (электро- держатели)	Медь М1	Интенсивное водяное	12...18	
Электроды	БрХ и другие материалы	То же	20...30 30...45	В сплошном сечении В полом сечении
Шины гибкие	Лента МГМ	Воздушное Воздушное, по краям колодки охлажд. водой	2...2,5 2,5...4	
Хоботы круглые	Медь М1, БрХ и другие материалы	Воздушное Воздушное, по концам в местах зажимов водяное Водяное	1...2 2...3 3...5	
Шины сплошные	Медь М1	Воздушное Водяное	1... 2 2,5...4	
Медное литье с залитыми труб- ками охлаждения	Медь М3	Водяное	2...3	
Контактные по- верхности непо- движные	Медь	Воздушно- водяное	0,5...1	Одна из со- прикасаю- щихся частей охлажд. водой
Скользящие контакты шов- ных машин	Медь, БрХ и другие мате- риалы	Водяное	0,5...2	Одна из со- прикасаю- щихся частей охлаждается водой, прохо- дящей в кана- лах
Скользящие контакты шов- ных машин	То же		До 12	Работают в воде
Кабели подвес- ных машин	Медь М1		15...50	То же

5.3 Расчет полного сопротивления сварочного контура

Зная длину и сечение отдельных элементов и размеры контура, определяют полное сопротивление вторичного контура [3].

$$Z_{BK} = \sqrt{R_z^2 + X_z^2},$$

где $R_z = \Sigma R_i'' = R_T'' + R_K + R_d$ – активное сопротивление машины при сварке, приведенное ко вторичной обмотке, мкОм;

$X_z = \Sigma X_i'' = X_T'' + X_K + X_d$ – индуктивное сопротивление машины при сварке, приведенное ко вторичной обмотке, мкОм;

R_T'' и X_T'' – активное и индуктивное сопротивление первичной и вторичной обмоток трансформатора, приведенное ко вторичной обмотке;

R_K, R_d, X_K, X_d – активное и индуктивное сопротивление вторичного контура и детали с учетом тока шунтирования.

В расчетах по проектированию машины величиной X_d можно пренебречь, ввиду ее относительно малой значимости.

Значение R_d известно из расчета режима сварки.

Величины сопротивления R_T'' и X_T'' находятся ориентировочно, по справочным данным трансформаторов сварочных машин, близких по параметрам к проектируемой.

Значение активного сопротивления $R_K = \Sigma R_{di} + R_{nj}$ включает активные сопротивления деталей контура R_d и переходных деталей между ними R_n .

Сопротивление отдельного элемента контура

$$R_i = K_{ni} \rho_i \frac{l_i}{q_i},$$

где ρ_i – удельное сопротивление материала элемента, мкОм·м;

l_i – длина элемента, м;

q_i – площадь поперечного сечения элемента, м²;

K_{ni} – коэффициент поверхностного эффекта, определяется по опытными кривым (рис. 5, 6 и 7) по критерию подобия P и для прямоугольных элементов (и элементов некоторых других стандартных форм) с учетом коэффициента формы K_ϕ :

$$P = \sqrt{\frac{8f}{r_0(lm)10^7}} = 5 \sqrt{\frac{f}{r_0(lm)10^7}}, \quad K_\phi = b/a \quad (\text{для прямоугольных сечений}),$$

здесь r_0 – омическое сопротивление 1 метра проводника, $r_0 = \rho \cdot 1/S$ (S – площадь, ρ – удельное сопротивление рассматриваемой детали (табл. 9);

f – частота тока, Гц;

b и a – ширина и толщина элемента контура.

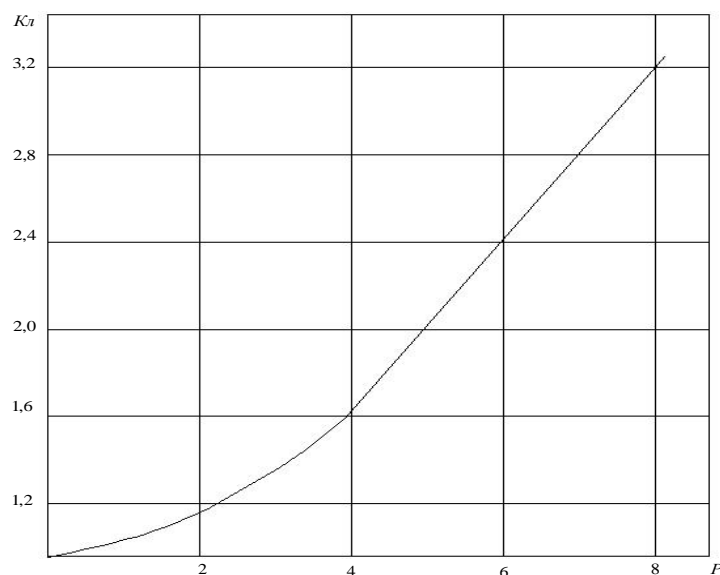


Рисунок 5 – Зависимость K_L от P для деталей круглого сечения

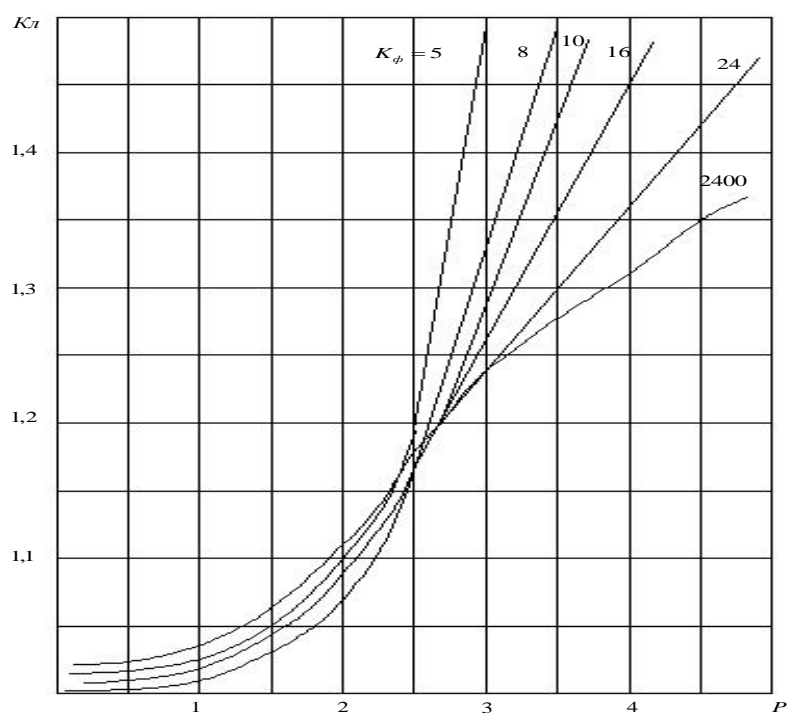


Рисунок 6 – Зависимость K_L от P и K_ϕ для деталей прямоугольного сечения

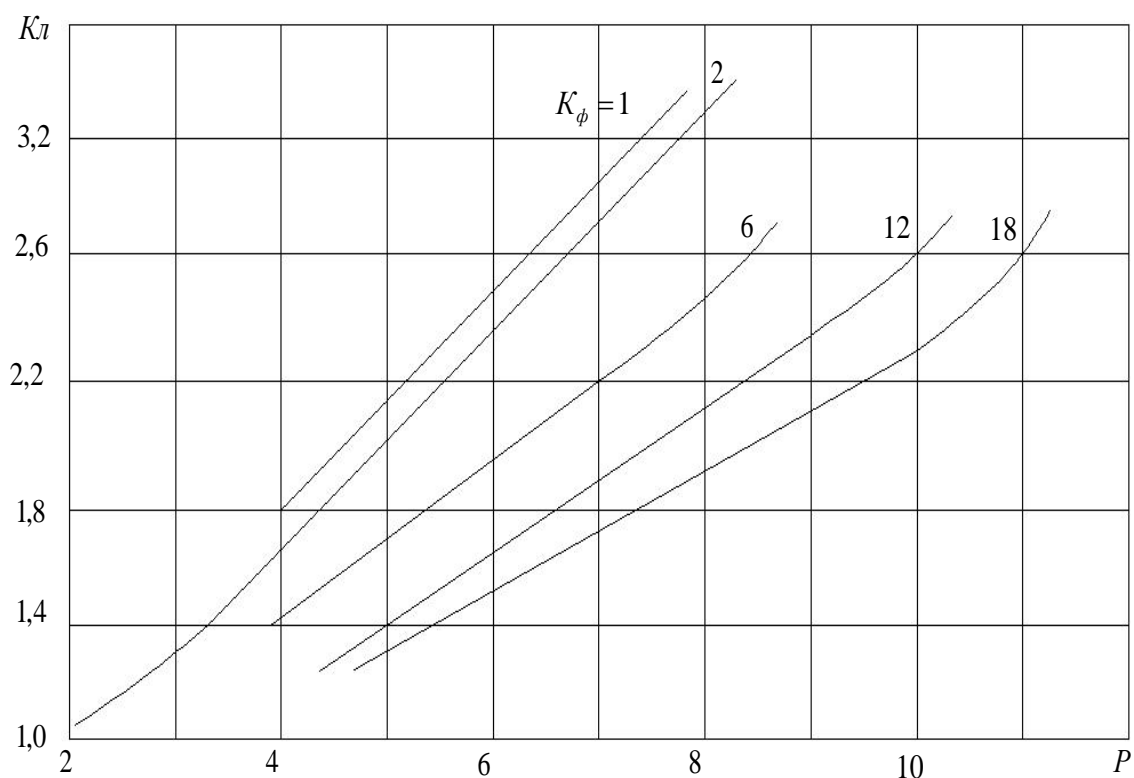


Рисунок 7 – Зависимость $K_{\text{П}}$ от P и $K_{\text{Ф}}$ для деталей прямоугольного сечения

Таблица 9 – Удельные омические сопротивления материалов

Материал	Химический состав (основной), %	ρ при 239 К, мкОм·м	Температурный коэффициент омического сопротивления
Медь М1	99,9	0,0170	0,00433
Хромистая бронза (твердая)	0,9 0,1 0,7	0,0232	0,0038
Медь обмоточная (провода, шины)	—	0,0175	0,0040

Для массивных элементов $K_{\text{П}}$ определяется по формулам в зависимости от соотношения $\sqrt{\frac{f}{r_0(100\text{м})}}$ (табл. 10).

Сопротивление одного неподвижного контакта «медь – медь», стянутого четырьмя болтами, на новых машинах приблизительно равно $(2...3)10^{-6}$ Ом; аналогичного контакта «медь – сталь» – $(5...8)10^{-6}$ Ом; подвижного контакта – $(10...20)10^{-6}$ Ом.

Таблица 10 – Формулы для определения K_{Π} массивных элементов контура

Ф о р м у л а	У с л о в и е
$K_{\Pi} = 1 + 3,27 \sqrt{\frac{f}{r_0(100\text{м})}} 10^{-3}$	При $\sqrt{\frac{f}{r_0(100\text{м})}} < 180$
$K_{\Pi} = 0,26 + 0,58 \sqrt{\frac{f}{r_0(100\text{м})}} 10^{-2} + 8,37 / \sqrt{\frac{f}{r_0(100\text{м})}}$	При $180 < \sqrt{\frac{f}{r_0(100\text{м})}} < 220$
$K_{\Pi} = 0,66 \sqrt{\frac{f}{r_0(100\text{м})}} 10^{-2} + 0,277$	При $220 < \sqrt{\frac{f}{r_0(100\text{м})}}$

Для определения индуктивного сопротивления вторичного контура контактной машины существуют три основных способа:

1 На основании опытных данных по графику, выражающему функциональную зависимость (рис. 8),

$$X_k = S^{0.73} 10^{-3} \text{ Ом},$$

где S – площадь, охватываемая контуром, м^2 (берется по осям сечений сторон).

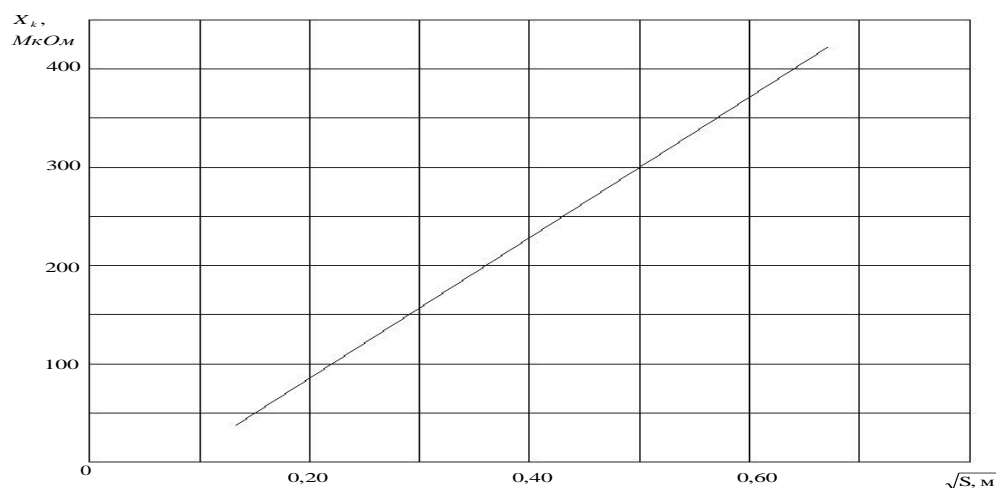


Рисунок 8 – Зависимость индуктивного сопротивления контура от площади, охватываемой контуром

2 По упрощенной эмпирической формуле ($f = 50$ Гц)

$$X_k = \sum l_b c 10^{-6} \text{ Ом},$$

где $\sum l_b$ – суммарная длина (выпрямленная) всех элементов контура при максимальных значениях раствора H и вылета L , м;

c – электрический коэффициент (эмпирический), $c = 0,976 \dots 1,35$.

В большинстве случаев принимается $c = 1,26$. Если имеется значительное количество выступов внутрь контура, то c берется несколько меньше; если выступы во внешнюю сторону – c несколько выше своего среднего значения.

3 Самые точные результаты получаются при расчете по методу отдельных участков. При этом любой сложный контур изгибается на отдельные участки, сопротивление каждого равно

$$X_i = X_1 l_i,$$

где X_1 – удельное индуктивное сопротивление, приходящееся на 1 м длины элементов рассчитываемого участка (с изменёнными параметрами элементов), Ом·м ;

l_i – длина i -го участка, м.

Основные графические и расчетные зависимости для определения X_1 для различных сечений и геометрических размеров токоподвода (рис. 9). Для упрощения расчётов значения определяются выражением для K – промежуточный коэффициент, и из графиков определяют X_1 . При расчетах более сложные сечения приводятся к эквивалентным.

На практике величина X_1 , как правило, рассчитывается по всем трём методам, а затем выбирается либо среднее, либо максимальное, по усмотрению проектировщика.

Обычно первый и второй способы дают приблизительно одинаковые результаты, а третий примерно на 10...15 % больше.

Зная сопротивление сварочного контура и вторичный ток, можно определить данные, необходимые для расчёта трансформатора, и некоторые энергетические параметры машины. Например, для нормальной ступени:

– электродвижущая сила

$$E_2 = I_{2H} Z_H ,$$

– косинус φ машины

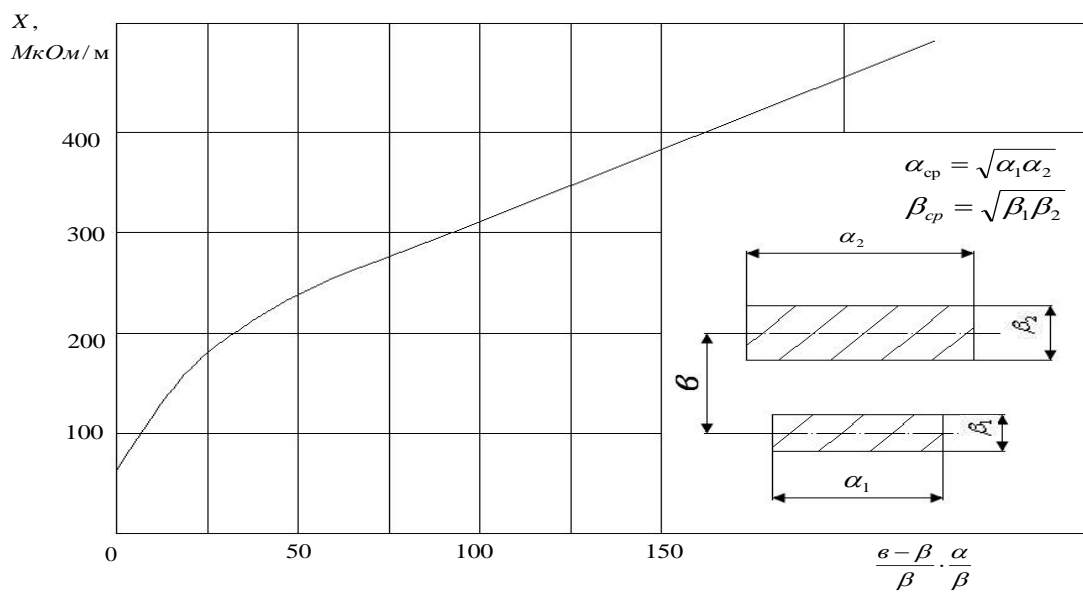
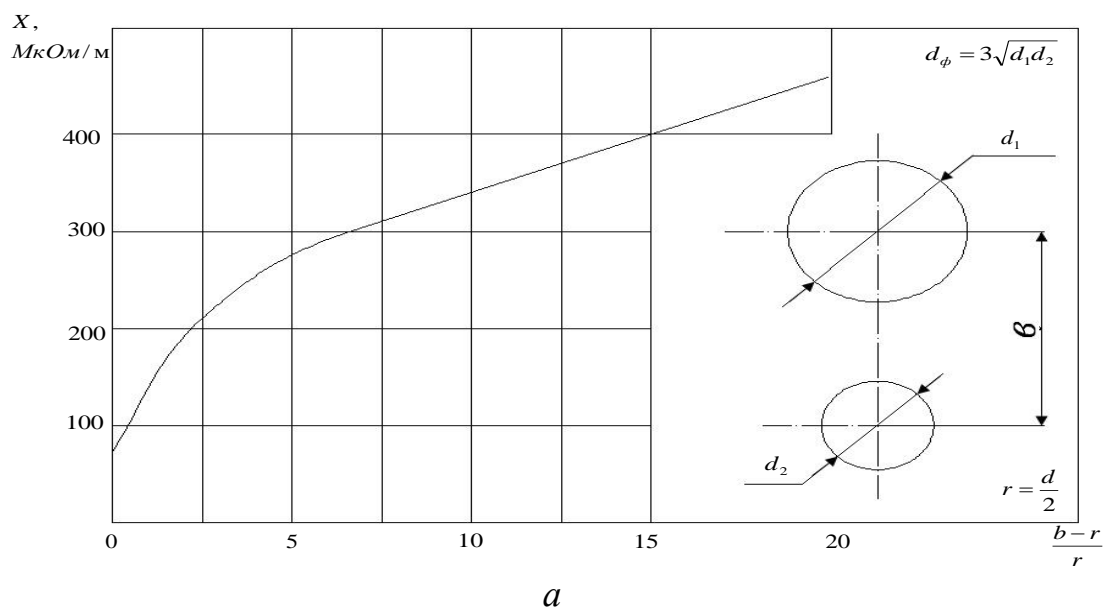
$$\cos \varphi = \frac{R_H}{Z_H} ,$$

– мощность машины

$$P_H = I_{2H}^2 Z_H = E_2 I_{2H},$$

– коэффициент полезного действия

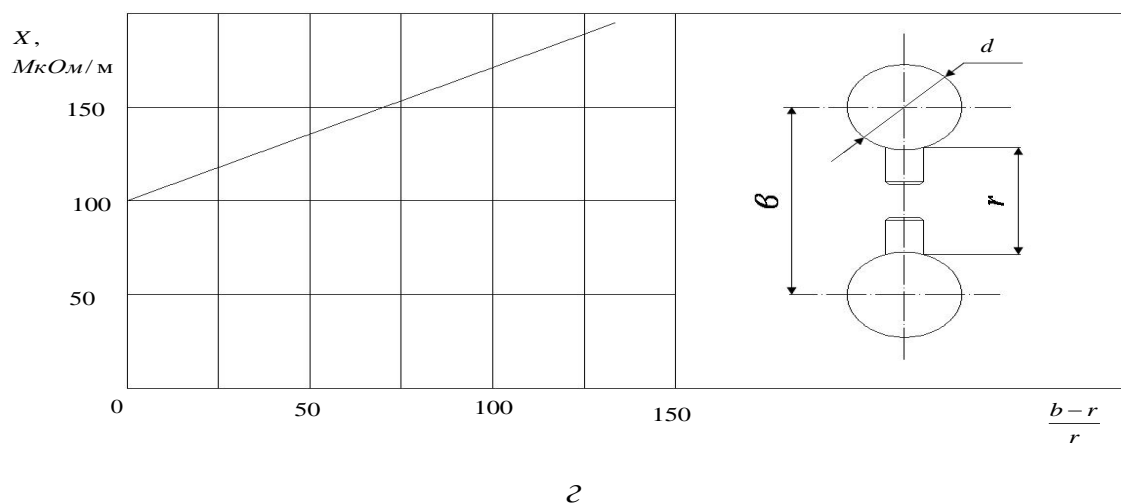
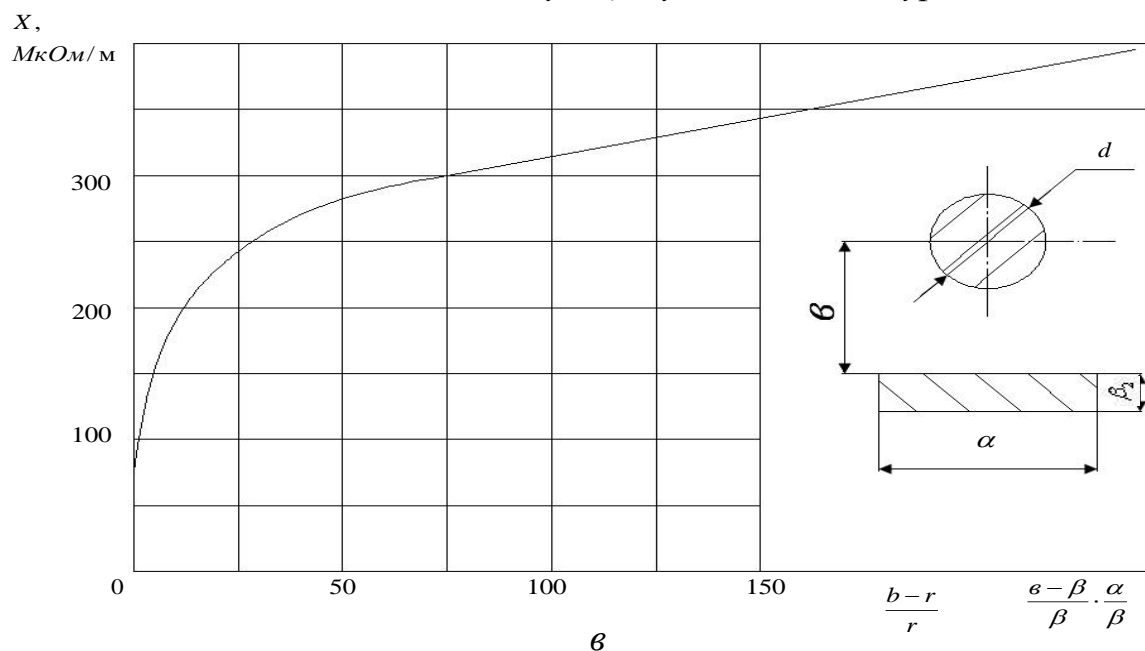
$$\eta = \frac{R_{св}}{R_{кз} + R_{св}} 100\%.$$



a – круглая форма сплошного сечения; б – плоская форма сплошного сечения

Рисунок 9, лист 1 – Удельное индуктивное сопротивление

соответствующих участков контура



β – круглая и плоская форма сплошного сечения; β – круглая форма сплошного сечения при точечной сварке

Рисунок 9, лист 2

5.4 Расчет механизма сжатия контактных машин

Приводом механизма сжатия машин контактной сварки обычно служат пневмоцилиндры двухстороннего действия или диафрагменная пневмокамера, размеры и техническое исполнение которых регламентирует ГОСТ 15608 – 70.

Усилие, развиваемое пневмоцилиндром, определяется по формуле

$$F_{\Pi} = S_{\Pi} p K_T,$$

где S_{Π} – площадь поршня, м^2 ;

p – давление воздуха над поршнем, Па;

K_T – коэффициент, учитывающий потери на трение (обычно $K_T = 0,7 \dots 0,95$).

Усилие, развиваемое штоком пневмокамеры, рассчитывается по формуле

$$F_{\Pi K} = 0,26 p (D^2 + Dd + d^2) g ,$$

где p – давление сжатого воздуха, МПа;

D – диаметр диафрагмы, м;

d – диаметр опорного диска, м;

g – сопротивление пружины и усилие, необходимое для перегиба диафрагмы, Н.

Время срабатывания пневмопривода t может быть приближенно подсчитано по формуле

$$t = 5 \cdot 10^{-4} \frac{D_1 L^2}{d_o^2} ,$$

где D_1 – диаметр цилиндра, см;

L – ход поршня, см;

d_o – диаметр воздухопровода, см.

Номинальное заданное сварочное усилие F_{CB} , прикладываемое к деталям до включения тока, отличается от усилия, развиваемого пневматическим приводом,

$$F_{CB} = F_{\Pi} + G \cdot F_T,$$

где F_{Π} – усилие, действующее на поршень пневмоцилиндра;

G – масса подвижных частей механизма;

F_T – сила трения подвижных частей (обычно $F_T = 3 \dots 5 \% F_{CB}$).

Анализ взаимодействия металла зоны сварки с механизмом сжатия показывает, что фактическое усилие сжатия деталей за цикл сварки не остается постоянным. Характер и величина изменения усилия обусловлены дилатометрическим эффектом и жесткостью силового контура машины, трением подвижных элементов, их массой и инерционностью, режимами сварки, конструкцией соединения, электромагнитным взаимодействием токоведущих элементов.

В процессе точечной и шовной сварки из-за теплового расширения металла фактическое усилие $F_{CB,ф}$ увеличивается:

$$F_{\text{св.ф}} = F_{\text{св}} + (F_{\text{т}} + F_{\text{ин}} - F_{\text{и}}),$$

где $F_{\text{ин}} = G \cdot a$ – сила инерции подвижных элементов механизма, Н (обычно $F_{\text{ин}} \leq 3 \% F_{\text{св}}$);

a – ускорение, вызванное быстрым перемещением подвижных масс от теплового расширения металла, м/с^2 ;

$F_{\text{и}}$ – усилие отталкивания из-за взаимодействия противоположно направленных токов в консолях, Н (обычно $F_{\text{и}} \leq 1 \% F_{\text{св}}$):

$$F_{\text{и}} = \mu_0 I_{\text{св}}^2 L/H,$$

где μ_0 – магнитная проницаемость среды, Н/А^2 ;

L и H – размеры сварочного контура машины.

Площадь сечения консоли и ее проверка на жесткость определяются, исходя из конкретной схемы нагружения последней. Окончательное сечение консоли выбирается по большей величине из электрического или прочностного расчета.

6 РАСЧЕТ СВАРОЧНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Расчет сварочного трансформатора выполняют для машины конкретного типа с учетом параметров вторичного контура (сопротивлений R_2 и X_2), диапазона толщин или сечений свариваемых деталей и марки металла, а также типа устройства, подключающего трансформатор к источнику энергии.

При расчете однофазного трансформатора за исходные данные принимают: номинальный длительный вторичный ток $I_{2\text{дл.н}}$; режим работы (ПВ); первичное напряжение $U_{1\text{с}}$ и его частоту f_1 ; коэффициент регулирования $K_{\text{р}}$ и число ступеней $N_{\text{с}}$ регулирования вторичного напряжения. Трансформатор должен развивать номинальную мощность на предпоследней (номинальной) ступени включения и обеспечивать заданный наибольший вторичный ток $I_{2\text{кmax}}$ при коротком замыкании электродов машины на максимальной ступени и наименьших размерах вылета и раствора.

Вначале выбирают тип трансформатора, способ охлаждения и класс изоляции обмоток (А, В, Е, Г или по ГОСТ 8865 – 70).

Далее определяют номинальный сварочный ток $I_{\text{св.н}}$.

Напряжение на номинальной ступени $U_{20\text{н}}$ может быть определено по формуле

$$U_{20\text{н}} = Z_2 I_{\text{св}} K.$$

Полное сопротивление сварочной цепи

$$Z_2 = 1,05 \sqrt{(R_0 + R_2)^2 + X_e^2},$$

где 1,05 – коэффициент, приближенно учитывающий сопротивление трансформатора, приведенное ко вторичному контуру.

Максимальное вторичное напряжение холостого хода

$$U_{20\max} = 1,0/5 Z_{\text{вк}} I_{2\text{кmax}} = 1,05 \sqrt{R_2^2 + X_2^2} I_{2\text{кmax}},$$

где $I_{2\text{кmax}}$ – максимальное значение тока короткого замыкания машины; зависит от максимального вторичного напряжения сварочного трансформатора (в режиме холостого хода) $U_{20\max}$ и полного сопротивления короткого замыкания $Z_{2\text{k}}$ машины.

Далее разбивают напряжения по ступеням; желательно, чтобы отношение напряжений на смежных ступенях $U_{20n}/U_{20(n-1)} = \text{const}$. При этом коэффициент трансформации на всех ступенях должен равняться целому числу.

Число витков первичной обмотки при $W_2 = 1$ на номинальной ступени

$$W_{1H} = U_{1T}/U_{20H},$$

где U_{1T} – напряжение, приложенное к первичной обмотке трансформатора.

При использовании электромагнитного контактора падением напряжения $\Delta U_{\text{п}}$ в контакторе пренебрегают, и $U_{1H} = U_{1T}$, (где U_{1H} – напряжение сети). При использовании вентильного контактора имеет место падение напряжения на открытом вентиле. Принимают $\Delta U_{\text{п}} = 2...5$ В для тиристорного и $\Delta U_{\text{п}} = 20...35$ В для игнитронного контактора.

Полученное число витков первичной обмотки округляют до ближайшего целого числа и корректируют расчетное значение напряжения U_{20H} .

Минимальное число витков (на максимальной ступени)

$$W_{1\min} = U_{1T}/U_{20\max}.$$

Выбирают различные законы изменения напряжения U_{20} по ступеням. Например, изменение числа витков первичной обмотки по ступеням по арифметической прогрессии для схемы (рис. 10) можно определить по уравнению

$$\Delta_c = W_{1H}(K_p - 1)/[K_p + (N_c - 2)]$$

или

$$\Delta_c = W_{1\min}(K_p - 1)/(N_c - 1),$$

где N_c – число ступеней регулирования вторичного напряжения (обычно принимают равным 4...16);

K_p – коэффициент глубины регулирования $K_p = U_{2\max}/U_{2\min}$.

При наличии только одних параллельно-последовательных групп (без катушки d) $K_p = 2$.

Изменение Δ_c округляют до целого числа и разбивают числа витков по секциям. Для широко распространенной схемы регулирования (рис. 10) при $K_p = 2$ каждая из секций состоит из двух одинаковых частей (катушек) с числами витков $\Delta_c, 2\Delta_c, 4\Delta_c, 8\Delta_c$ и т. д.

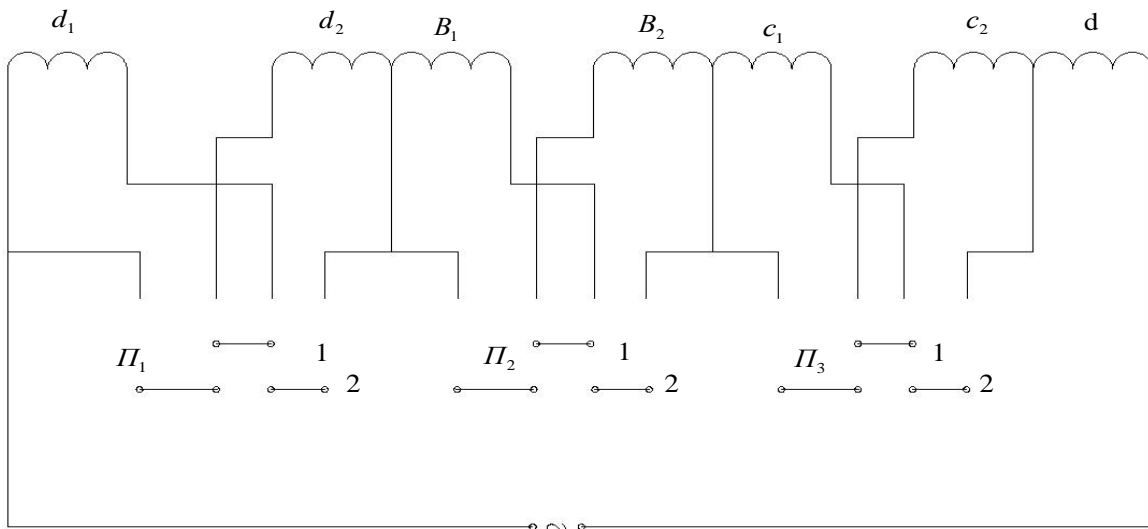


Рисунок 10 – Схема регулирования вторичного напряжения трансформатора

Полученные значения чисел витков по ступеням и рассчитанные

$$U_{20K} = U_{1T}/W_{1K}$$

сводят в таблицу (W_{1K} – число витков k -й ступени).

Сечение витков первичной обмотки рассчитывают по длительному току

$$I_{1\text{дл}} = K_1 I_{2\text{дл}}/W_1,$$

где $K_1 = 1,03...1,17$ – коэффициент, учитывающий ток холостого хода;

$I_{2\text{дл}}$ – номинальный делительный вторичный ток, устанавливается по ГОСТ 297 – 80.

Сечение первичной обмотки

$$q_1 = I_{1\text{дл}}/j_1,$$

где j_1 – допустимая плотность тока в первичной обмотке ($j_1 = 3,2 \dots 3,6$ А/мм² для дисковой катушки, плотно прижатой к дискам вторичного витка, охлаждаемого водой, и $j_1 = 1,5 \dots 2,1$ А/мм² при охлаждении водой только колодок вторичной обмотки).

По сечениям q всех дисковых катушек (секций) выбирают один или два типа прямоугольного провода (по ГОСТ 434 – 78).

При расчете вторичного витка определяют его сечение и разбивают на число параллельных элементов (дисков). При этом толщина дисков должна быть не менее 6 мм из-за удобства припайки охлаждаемой трубки и не более 20...25 мм во избежание повышенных дополнительных потерь. Сечение вторичного витка

$$q_2 = I_{2\text{дл}}/j_2,$$

где j_2 – допустимая плотность тока в витке (для водоохлаждаемого диска из меди марки М1 с припаянными по периметру трубками $j_2 = 4,5 \dots 5,5$ А/мм²; литого алюминиевого диска с залитыми внутри трубками охлаждения $j_2 = 1,5 \dots 2$ А/мм²).

Число дисков определяется числом катушек первичной обмотки и для схемы на рис. 10 в 2 раза меньше числа катушек первичной обмотки.

Расчет магнитопроводов включает определение сечения и размеров стержня: толщины набора, высоты и ширины окна и т. д.

Сечение стержня

$$F_c = U_{1T} / (4,44 f_1 W_{1н} B_n),$$

где $B_n = 1,3 \dots 1,8$ Тл, выбираемая в зависимости от ПВ, мощности трансформатора и формы пластин, из которых собран стержень, и марки стали.

Найденное сечение стержня в дальнейшем корректируется при проверке максимального значения тока холостого хода. Из-за неплотной сборки стальных листов и наличия изоляции фактическое сечение стержня несколько больше.

Форму сечения стержня (с учетом уменьшения размеров трансформаторов) принимают прямоугольной с отношением сторон $h/b = 1 \dots 3$ (рис. 11). Размеры окна (d и c) выбирают в зависимости от полного сечения обмоток, которые должны быть уложены в окне, с учетом изоляции, прокладок и каналов охлаждения:

$$S_o = c d = \left(\sum_1^n q_1 W_1 + q_2 \right) / K_{3,0},$$

где $K_{3,0}$ – коэффициент заполнения окна (обычно $K_{3,0} = 0,27 \dots 0,5$).

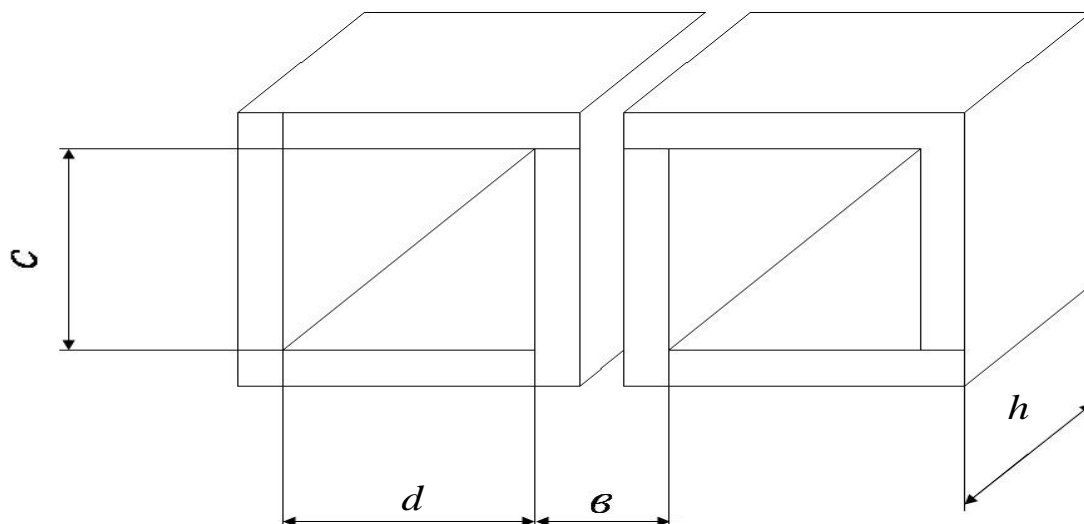
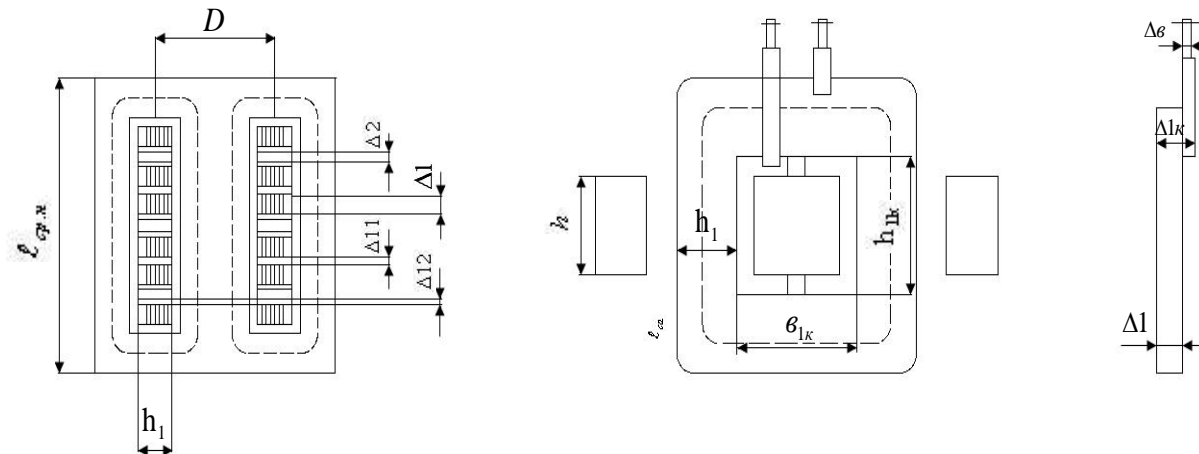


Рисунок 11 – Размеры магнитопроводов

Из условий экономичного раскроя стандартного листа стали соотношение сторон окна c/d принимают в пределах $1 \dots 2,5$. Далее проверяют укладку меди в окне с одновременным установлением размеров катушек первичной обмотки и дисков вторичного витка (рис. 12, а и б).



а и б – размещение обмоток в окне

Рисунок 12 – К расчету трансформатора

Между катушками первичной обмотки трансформатора оставляют зазор $\Delta_{11} = 10 \dots 14$ мм для размещения отводов и клиньев. Внутренний размер изолированной катушки по ширине выбирают на $8 \dots 15$ мм больше ширины стержня: $b_{1k} = b + (8 \dots 15)$ мм, а по длине на $20 \dots 40$ мм;

$h_{1K} = h + (20 \dots 40)$ мм для установки клиньев и свободного надевания катушек. Радиальный размер катушки h_1

$$h_1 = W_k (a_n + б) + \Delta,$$

где W_k – число витков в катушке;

a_n – толщина обмоточного провода с изоляцией, мм;

$б$ – толщина межвитковой изоляции, мм;

$\Delta = 7 \dots 12$ мм – суммарная толщина наружной изоляции катушки.

Толщина катушки

$$\Delta_1 = b_n + h_n,$$

где b_n – высота провода с изоляцией;

h_n – суммарная толщина наружной изоляции.

Высота катушки в месте вывода

$$\Delta_{1K} = \Delta_1 + \Delta_B,$$

где Δ_B – суммарная толщина вывода с изоляцией.

Внутренний размер дисков вторичного витка выбирают меньше по ширине на $2 \dots 3$ мм, а по длине – на $1 \dots 2$ мм внутренних размеров катушек. Радиальный размер диска принимают больше радиального размера катушки с учетом припаянных трубок охлаждения.

При проверке укладки катушек должно быть соблюдено условие

$$C \geq H_0 + (6 \dots 12) \text{ мм}, \quad (1)$$

где $H_0 = \sum \Delta_1 + K_d \Delta_2 + 2K_d \Delta_{12} + (K_d - 1) \Delta_{11}$ – полная высота обмоток в окне;

Δ_2 – толщина диска вторичной обмотки;

Δ_{12} – толщина изоляционных прокладок между первичной и вторичной обмотками;

K_d – число дисков вторичной обмотки.

Если условие (1) не выполняется, уточняют размер окна.

Далее выполняют проверочный расчет трансформатора для определения его потерь, КПД и условий охлаждения.

Ток холостого хода

$$I_0 = \sqrt{I_{oa}^2 + I_{op}^2}.$$

Активную составляющую тока I_{oa} определяют по формуле

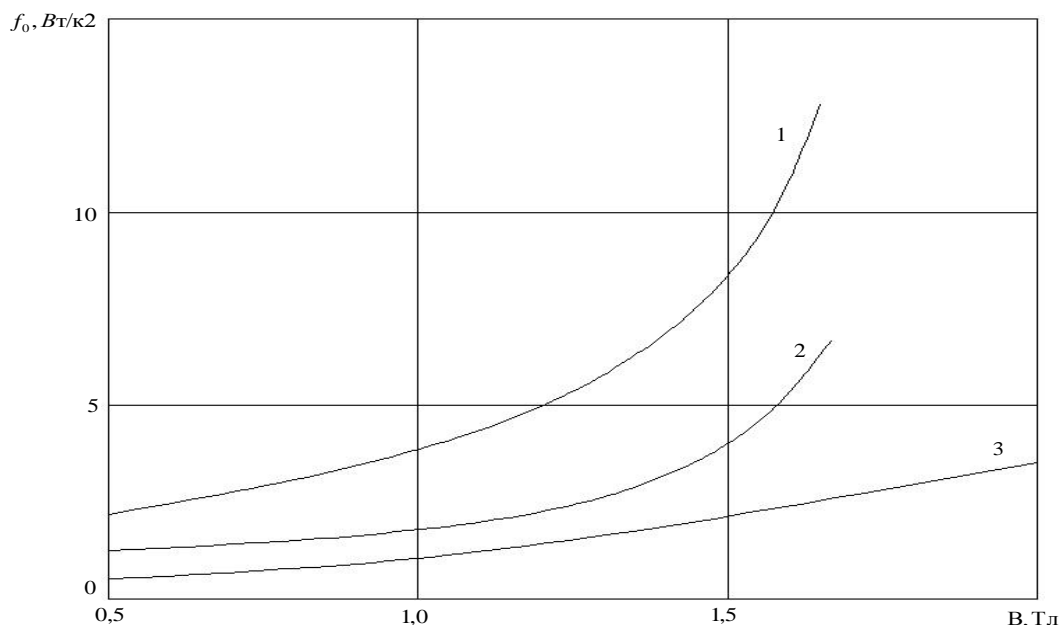
$$I_{oa} = K_o P_o / U_{1T},$$

где $P_o = \rho_o G$ – потери холостого хода, Вт;

ρ_o – удельные потери в стали, Вт/кг (рис. 13);

G – масса стали магнитопровода, кг;

$K_o \approx 1,2$ – коэффициент добавочных потерь.



1 – сталь 1211; 2 – сталь 1511; 3 – сталь 3413;
толщина листов 0,5 мм

Рисунок 13 – Зависимость удельных потерь мощности ρ_o в магнитопроводе от индукции B

Составляющую тока I_{op} (намагничивающий ток) определяют по формуле

$$I_{op} = (H_{cp} l_{cp\cdot m} + H_o n \sigma 10^5) / (K_r W_{1H} \sqrt{2}),$$

где $H_{cp} l_{cp\cdot m}$ – магнитодвижущая сила, необходимая для создания магнитного потока в магнитопроводе, А;

H_{cp} – напряженность магнитного поля на 1 см длины стали, А/см; определяется по графику на рис. 14;

$l_{cp\cdot m}$ – средняя длина магнитной силовой линии, см (см. рис. 12, а);

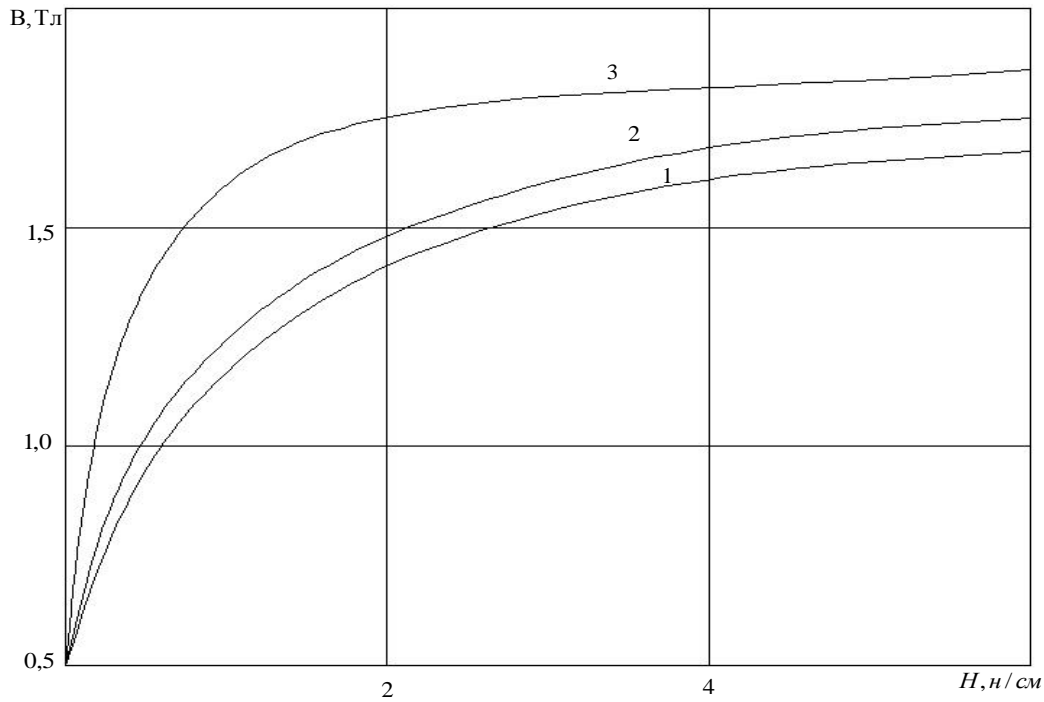
$H_o \approx B_o / \mu_o$ – напряженность магнитного поля в стыке, А/см;

n и σ – число и размер ($\sigma = 0,005$ см) зазоров в магнитной цепи;

K_r – коэффициент, учитывающий уменьшение тока холостого хода из-за наличия высших гармоник.

Для индукций 1,2...1,8 Тл коэффициент K_r может быть определен по соотношению

$$K_r = 1 / (1,9 - 0,8B_H) = 1,06 \dots 2,17.$$



1 – сталь 1211; 2 – сталь 1511; 3 – сталь 3413;
толщина листов 0,5 мм

Рисунок 14 – Зависимость индукции от напряженности магнитного поля

Относительное значение тока холостого хода ($i_o = I_o \cdot 100 \% / I_{2дл \cdot н}$) не должно быть больше значений (ГОСТ 297– 80): 50 % при токе $I_{2дл \cdot н}$ до 2500 А; 32 % при токе $I_{2дл \cdot н}$ до 5000 А; 20 % при токе $I_{2дл \cdot н}$ свыше 5000 А. В случае получения тока i_o более допустимого сечение стержня магнитопровода пересчитывают с уменьшением значений расчетной индукции.

Активные сопротивления обмоток^

$$r_{1T} = \rho_1 K_{n1} l_{1cp} W_{1н} / q_1 \quad \text{и} \quad r_{2T} = \rho_2 K_{n2} l_{2cp} W_2 / q_2,$$

где ρ_1 – удельное электросопротивление материала первичной обмотки при 75 °С для изоляции класса А; при 90 °С – для класса Е; при 100 °С – для класса В и т. д.

ρ_2 – удельное электросопротивление для материала вторичной обмотки при 40 °С (при водяном охлаждении независимо от класса изоляции);

l_{1cp} и l_{2cp} – средняя длина одного витка обмоток;

K_{n1} и K_{n2} – коэффициенты поверхностного натяжения.

Потери мощности в обмотках при номинальном режиме работы^

$$P_{1T} = r_{1T} I_{1H}^2; \quad P_{2T} = r_{2T} I_{CB.H}^2 \quad \text{и} \quad P_K = P_{1T} + P_{2T}.$$

Приведенное к первичной обмотке индуктивное сопротивление обмоток трансформатора с дисковыми обмотками при симметричном их расположении

$$X'_T + 25f_1 D W_{1H}^2 \sigma_S 10^{-8} / (p l_S),$$

где $D = h_1 + b^{1K}$ – расстояние между серединами обмоток в окне, см;
 p – число групп катушек;

σ_S – эквивалентное расстояние между первичной и вторичной обмотками, см

$$\sigma_S = \Delta_{12} + (\Delta_1 + \Delta_2/2)/3;$$

l_S – расчетная длина средней силовой линии магнитного потока рассеяния.

Полученное значение X'_T увеличивает в 1,2...1,4 раза для учета влияния выводов вторичной обмотки. Полное индуктивное сопротивление обмоток, приведенное к вторичной обмотке,

$$X''_T = (1,2...1,4) X'_T / W_{1H}^2.$$

Коэффициент мощности машины при нормальной нагрузке

$$\cos \varphi = (R_{\Sigma} + R_2) / \sqrt{(R_{\Sigma} + R_2)^2 + X_2^2}.$$

КПД трансформатора

$$\eta = 1 - [\Sigma P / U_{2T} I_{CB.H} \cos \varphi + \Sigma P],$$

где $\Sigma P = P_o + P_K$ – суммарные потери в меди и стали;

$U_{2T} \approx U_{20H}$ – напряжение на зажимах вторичной обмотки трансформатора при номинальной нагрузке.

Количество воды, необходимое для охлаждения трансформатора,

$$Q_{Ж} = 0,24 P_K \text{ДЛ} / \Delta T,$$

где $Q_{Ж}$ – расход воды, см³/с;

$\Delta T = (5...10 \text{ } ^\circ\text{C})$ – перепад температур входящей и выходящей воды.

Диаметр трубки охлаждения d_T , см, обычно равен толщине диска.
 Скорость воды в трубке

$$V = 0,04 Q_{\text{ж}} / (\pi d^2_T) \leq 3 \text{ м/с.}$$

7 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЯ

Проектом предусматривается разработать технологический процесс заготовки, сборки и сварки изделия. Он состоит из выбора наиболее рациональных способов обработки деталей изделия, установления последовательности его сборки и сварки с указанием применяемого оборудования, инструмента, приспособлений.

Технологический процесс изготовления изделия включает в себя следующие основные операции:

- заготовительные;
- предварительную сборку (если требуется);
- подготовку поверхности;
- окончательную сборку;
- прихватку;
- сварку;
- правку;
- контроль качества

При разработке технологического процесса каждая операция должна быть подробно описана студентом. Технические характеристики используемого оборудования приводятся в виде таблиц.

По согласованию с руководителем проекта студент разрабатывает сборочно-сварочное приспособление для заданного узла и представляет его в виде чертежа с описанием его устройства и принципа работы. При разработке конструкции приспособления необходимо руководствоваться следующими положениями.

Кондуктора и приспособления применяются с целью автоматизации и механизации процесса сборки и сварки изделия, что позволяет обеспечить получение заданных размеров сварных узлов и достигнуть их взаимозаменяемости, уменьшить образование значительных деформаций, упростить контрольно-сдаточные испытания и т. д. Под приспособлением понимается устройство для установки и поддержания свариваемых деталей. Приспособление обычно крепится к машине и является ее частью. Устройство для установки и поддержания в соответствующем положении свариваемых деталей называется кондуктором. Он не связан жестко с контактной машиной и может быть переносным или стационарным (переносная машина).

По назначению оснастка для механизации и автоматизации вспомогательных операций при контактной электросварке классифицируется следующим образом:

1 Приспособления для предварительной подготовки поверхности деталей и электродов

2 Сборочно-сварочные приспособления для разметки мест постановки точек или шва

3 Установочные приспособления для фиксации, поддержания и выравнивания изделия относительно электродов машин

4 Механизм подачи свариваемого узла в контур машины и перемещение его в процессе сварки, автоматические питатели (на шаг, ряд, подача отдельных деталей и т. д.)

5 Многофункциональные устройства с программным управлением – промышленные роботы

6 Многопозиционные машины (машины-автоматы)

7 Поточные автоматические линии

8 Приспособления и устройства для последующей обработки сварных узлов (снятие грата, термообработка, введение клея под нахлестку и т. д.)

Рациональность применения оснастки определяется видом производства (единичное, серийное, массовое) и особенностью изготавливаемого узла, поэтому основными данными для проектирования оснастки могут быть:

1 Производственная программа, степень сложности конструкции, требуемая надежность сварного узла

2 Конструкция свариваемого узла и точность его изготовления

3 Применяемые способы сварки и технология

4 Возможные условия эксплуатации приспособлений (подъемно-транспортные устройства, наличие источников энергии и т. д.)

При конструировании средств механизации необходимо учитывать следующие особенности.

Конструкция оснастки должна быть, по возможности, универсальной и изготавливаемой из унифицированных узлов и стандартных деталей (редуктор, шаговые механизмы, профили и т. д.).

За установочные базы оснастки необходимо принимать поверхности изделия, обработанные по достаточно высокому классу точности. Точность изготовления оснастки определяется точностью изготовления сварного узла. Обычно допуски на линейные размеры сборочно-сварочной оснастки применяются в пределах 0,5...0,65 допуска на соответствующие сварные узлы. Детали оснастки изготавливаются чаще всего по 3-4 классу точности. Схема базирования должна обеспечить достаточно мягкий съем и установку собранного или сваренного узла.

Конструкция оснастки должна отвечать требованиям технологичности, которая определяется компактностью, простотой конструктивного решения при минимальной стоимости и чистоте обработки поверхностей, отсутствием дефицитных и дорогостоящих материалов, сложных методов обработки и т. д.

В отличие от оснастки, применяющейся при других способах обработки металлов, сварочные приспособления не несут значительных нагру-

зок и не требуют мощных механических приводов. Но они должны обеспечить удобное обслуживание и правильное положение электродов при сварке, исключить деформацию свариваемого узла в процессе его сжатия между электродами и при нагреве, обеспечивать надежный токоподвод, прижим подкладки к деталям при односторонней сварке и т. д.

Обычно несущие узлы приспособлений (рамы, фермы, основания) выполняются из листового металла и проката. Для деталей оснастки, подвергающихся износу, рекомендуются материалы с повышенной износостойкостью. Эти детали должны быть съемными, а рабочие их поверхности наплавлены износостойчивыми сплавами или подвергнуты цементации и закалке.

Части оснастки, вводимые в сварочный контур машины, необходимо выполнять из немагнитных материалов (алюминиевые сплавы, аустенитные стали, сплавы на основе меди, неметаллические материалы), так как присутствие железа внутри вылета увеличивает индуктивное сопротивление последнего, что снижает коэффициент полезного действия машины.

Элементы оснастки, поддерживающие тонколистовые конструкции, необходимо армировать мягкими материалами (резиной, номерными материалами и т. д.).

Расчет оснастки на прочность и жесткость проводится только для опасных сечений.

В конструкции оснастки должен быть предусмотрен надежный токоподвод к свариваемым деталям или элементы приспособлений. Кроме того, необходимо исключить явление шунтирования тока через отдельные детали и узлы оснастки во избежание их повреждения, подгорания поверхности деталей с целью экономии электроэнергии. Для этого все фиксаторы, зажимы, установки, упоры и т. д. оснастки должны быть изолированы от токоведущих элементов или изготовлены из изолирующих материалов, отвечающих требованиям работы оснастки.

В конструкции оснастки для точечной и роликовой сварки желательно предусмотреть плавающие опоры или устройства для подъема изделия при передвижении их на шаг сварки или прихватки для того, чтобы избежать деформации изделия, преждевременного износа электродов и повреждения поверхности свариваемого узла.

При стыковой сварке методом непрерывного оплавления оснастки особенно фиксирующие плоскости должны быть надежно защищены от брызг расплавленного металла, для чего можно применять защитные экраны, козырьки, фартуки и т. д., изготавливаемые чаще всего из неметаллических материалов.

Конструкция оснастки должна обеспечить свободный доступ к месту крепления деталей и к месту сварки, возможность ремонта, надежное охлаждение токоведущих элементов, безопасность работы.

Окончательный вариант проектируемой оснастки оформляется в виде чертежа общего вида.

8 ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ РАБОТ НА КОНТАКТНУЮ СВАРКУ

Норма штучного времени при контактной сварке:

– для точечной сварки

$$T_{\text{ш}} = (T_{\text{ci}} + T_{\text{В}}) ((1 + a_{\text{обс}} + a_{\text{от.л}})/100);$$

– для шовной сварки

$$T_{\text{ш}} = (T_{\text{oL}} + T_{\text{В}}) ((1 + a_{\text{обс}} + a_{\text{от.л}})/100);$$

– для стыковой сварки

$$T_{\text{ш}} = (T_{\text{o}} + T_{\text{В}}) ((1 + a_{\text{обс}} + a_{\text{от.л}})/100),$$

где i – число точек, подлежащих сварке за данную операцию или проход;

L – длина свариваемого шва, м.

Основное время контактной сварки T_{o} – время полного цикла сварки – включает время на опускание или сближение электродов, на сжатие и давление электродов, протекание тока, выдержку при повышенном давлении и возвращение электродов в исходное положение. Время на включение и выключение рабочего хода машины также учитывается основным временем. Основное время:

– при точечной сварке

$$T_{\text{o}} + 1/n + T_{\text{в.к}}/a;$$

– при шовной сварке

$$T_{\text{o}} = 1/V_{\text{св}},$$

где n – число рабочих ходов электрода в минуту;

$T_{\text{в.к}}$ – время включения рабочего хода;

a – число точек, свариваемых за одно включение машины;

$V_{\text{св}}$ – скорость сварки, м/мин.

Основное время точечной сварки определяют по табл. 11. Нормативные таблицы основного времени на шовную сварку построены в зависимости от скорости сварки, а на стыковую – от размеров свариваемых поверхностей и способа сварки – непрерывной, прерывистой (табл. 12).

*Таблица 11 – Основное время точечной сварки машинами
автоматического, неавтоматического управления
и клещами (все типы производства)*

Число ходов в минуту	Время на одну точку	Число ходов в минуту	Время на одну точку	Число ходов в минуту	Время на одну точку
До 10	0,1	30...35	0,029	101...120	0,0082
11...12	0,084	36...42	0,024	121...140	0,0071
13...14	0,072	43...50	0,020	141...170	0,0069
15...17	0,059	51...65	0,017	171...200	0,0050
18...20	0,050	66...72	0,014	201...240	0,0042
21...24	0,042	73...86	0,011	241...290	0,0035
25...29	0,035	87...100	0,010	291...350	0,0029

Примечание. Время на включение и выключение точечной машины принимать дополнительно один раз на число точек, свариваемых за один прием: кнопкой – 0,012 мин и педалью сидя – 0,01 мин; стоя – 0,015 мин.

Таблица 12 – Стыковая сварка. Основное время

Но мер по- зи- ции	Размеры свариваемой поверхности, мм, до:			Номинальная мощность машины, КВА	Способ сварки	
	диа- метр	сторона квадрата	площадь поперечного сечения, мм ²		Непреры- винный	Преры- вистый
					Время на стык, мин	
1	6	5	30	10	0,06	0,09
2	8	7	50	10	0,07	0,18
3	10	9	80	25	0,09	0,20
4	12	11	115	30	0,11	0,22
5	14	12	150	30	0,13	0,25
6	16	14	200	50	0,17	0,28
7	18	16	250	60	0,19	0,31
8	20	18	320	60	0,21	0,34
9	25	22	500	100	0,28	0,44
10	30	27	700	150	0,34	0,57
11	40	36	1260	250	0,50	0,70
12	50	40	1960	350	0,67	0,83
13	60	54	2800	350	0,90	0,95
14	70	65	4000	400	1,10	1,20
15	85	75	6000	400	1,40	1,60

16	100	90	8000	500	1,80	2,00
----	-----	----	------	-----	------	------

Численное значение составляющих вспомогательного времени в условиях массового производства определяют по нормативам (табл. 13...21).

Таблица 13 – Вспомогательное время на установку детали (узла) на электрод и снятие детали (узла) с электрода при точечной сварке, мин

Масса детали (узла), кг	Плоские детали (узлы)		Объемные детали (узлы)	
	Длина детали (узла), мм			
	до 1000	1000...2000 и св.	до 1000	1000...2000 и св.
До 1	0,040	0,044	0,046	0,050
1,1...1,6	0,046	0,050	0,053	0,058
1,7...2,5	0,052	0,057	0,060	0,066
2,6...4,0	0,060	0,066	0,069	0,076
4,1...6,3	0,068	0,075	0,078	0,86
6,4...10	0,078	0,086	0,090	0,100
11...16	0,090	0,100	0,103	0,113
17...20	0,100	0,110	0,115	0,126

Таблица 14 – Вспомогательное время на установку детали (узла) на стол, в приспособление при точечной и шовной сварке, мин

Масса детали (узла), кг	Способ установки					
	Свободно, без фиксации	По контуру, риске	По штырю, отверстию	По направляющим, двум плоск.	Под пружинные прижимы	В центры приспособления
До 1	0,029	0,035	0,041	0,080	0,058	0,070
1,1...1,6	0,033	0,040	0,047	0,092	0,068	0,078
1,7...2,5	0,038	0,046	0,054	0,105	0,078	0,090
2,6...4,0	0,044	0,053	0,062	0,122	0,090	0,103
4,1...6,3	0,051	0,061	0,072	0,140	–	0,118
6,4...10	0,058	0,070	0,082	0,156	–	0,135
11...16	0,066	0,080	0,094	0,182	–	0,156
17...20	0,072	0,086	0,103	0,190	–	0,170

Примечания:

1 В таблице дано время при длине детали (узла) до 1000 мм; при длине до 2000 мм и свыше ко времени по таблице следует применять поправочный коэффициент, равный 1,1.

2 При установке деталей сложной конфигурации в специальные приспособления время по таблице брать с коэффициентом, равным 1,3.

3 При одновременной установке нескольких деталей время, приведенное в таблице, принять с коэффициентом, равным 0,8 на каждую деталь.

Таблица 15 – Вспомогательное время на снятие детали (узла) со стола, с приспособления при точечной и шовной сварке, мин

Масса детали (узла), мм	Снятие детали (узла) со стола		Снятие детали (узла) с приспособления	
	Длина детали (узла), мм			
	До 1000	1000...2000 и св	До 1000	1000...2000 и св
До 1	0,021	0,023	0,023	0,025
1,1...1,6	0,024	0,026	0,026	0,029
1,7...2,5	0,028	0,031	0,031	0,034
2,6...4,0	0,032	0,035	0,035	0,039
4,1...6,3	0,036	0,040	0,040	0,044
6,4...10	0,042	0,046	0,046	0,051
11...16	0,048	0,053	0,053	0,058
17...20	0,052	0,057	0,057	0,063

Примечание. При укладке деталей (узлов) в стопу время по таблице следует брать с коэффициентом, равным 1,2.

Таблица 16 – Вспомогательное время на поворачивание или перевертывание детали (узла) при точечной и шовной сварке. Время на один поворот, мин

Масса детали (узла), кг	1 Повернуть деталь (узел) на электроде		2 Снять деталь (узел) с электрода, повернуть, установить на электроде			
	Угол поворота, °					
	До 90	90...180	До 90		90...180	
	Длина детали (узла), мм					
	До 1000	1000...2000 и свыше	До 1000	1000...2000 и свыше	До 1000	1000...2000 и свыше
До 1	0,0072	0,0108	0,0147	0,0162	0,0220	0,0240
1,1...1,6	0,0082	0,0123	0,0167	0,0184	0,0250	0,0275
1,7...2,5	0,0095	0,0142	0,0190	0,0210	0,0285	0,0314
2,6...4,0	0,0110	0,0165	0,0217	0,0237	0,0325	0,0360
4,1...6,3	0,0122	0,0183	0,0247	0,0270	0,0370	0,0405
6,4...10	0,0145	0,0220	0,0285	0,0315	0,0430	0,0470

11...16	0,0165	0,0250	0,0320	0,0350	0,0480	0,0530
17...20	0,0175	0,0260	0,0350	0,0385	0,0525	0,0575

Примечание. При повороте детали (узла) на столе время следует брать по графе 2 с коэффициентом, равным 0,6.

Таблица 17 – Вспомогательное время на продвижение детали (узла) на шаг при точечной и шовной сварке. Время на одно продвижение, мин

Длина шага, мм	Масса детали (узла), кг						
	До 0,5	0,6...1,0	1,1...2,0	3...4	5...8	9...16	17...20
До 10	0,0024	0,0028	0,0032	0,0037	0,0041	0,0048	0,0055
11...16	0,0030	0,0035	0,0040	0,0045	0,0051	0,0060	0,0068
17...25	0,0037	0,0043	0,0048	0,0055	0,0063	0,0072	0,0082
26...40	0,0045	0,0052	0,0060	0,0068	0,0078	0,0090	0,0101
41...63	0,0055	0,0063	0,0073	0,0083	0,0095	0,0108	0,0125
64...100	0,0068	0,0078	0,0090	0,0102	0,0117	0,0132	0,0152
101...160	0,0084	0,0096	0,0111	0,0125	0,0145	0,0165	0,0190
161...250	0,0103	0,0118	0,0135	0,0155	0,0177	0,0200	0,0230
251...400	0,0126	0,0146	0,0167	0,0190	0,0220	0,0250	0,0280
401...630	0,0156	0,0175	0,0200	0,0230	0,0260	0,0300	0,0350
631...1000	0,0190	0,0220	0,0250	0,0290	0,0330	0,0370	0,0430

Примечание. При автоматическом управлении время на продвижение детали на шаг перекрывается основным и в норме времени не учитывается.

Таблица 18 – Вспомогательное время на установку детали на электрод машины, мин

Ном. поз.	Масса детали (узла), кг, до	Способ установки					
		Свободно по упору		По приспособлению		С выверкой соосности	
		Длина детали (узла), мм, до					
		1000	2000 и св.	1000	2000 и св.	1000	2000 и св.
		Время, мин					
1	0,10	0,015	0,017	0,020	0,022	0,026	0,029
2	0,16	0,017	0,019	0,023	0,025	0,031	0,034
3	0,25	0,020	0,022	0,027	0,030	0,035	0,038
4	0,40	0,023	0,025	0,032	0,035	0,041	0,043
5	0,60	0,027	0,030	0,036	0,040	0,046	0,050
6	1,00	0,031	0,034	0,043	0,047	0,055	0,060
7	1,60	0,037	0,040	0,050	0,055	0,065	0,072
8	2,00	0,040	0,044	0,054	0,059	0,070	0,077
9	2,50	0,043	0,047	0,058	0,064	0,075	0,083
10	3,20	0,046	0,051	0,062	0,068	0,081	0,089
11	4,00	0,050	0,056	0,068	0,075	0,083	0,097
12	5,00	0,054	0,060	0,073	0,080	0,095	0,104
13	6,30	0,058	0,064	0,080	0,088	0,102	0,112
14	8,00	0,063	0,069	0,086	0,095	0,110	0,121
15	10,0	0,068	0,075	0,093	0,102	0,118	0,130

16	12,0	0,072	0,079	0,100	0,110	0,125	0,138
17	16,0	0,080	0,088	0,110	0,121	0,138	0,152
18	20,0	0,086	0,095	0,118	0,130	0,150	0,165

Примечание. При одновременной установке нескольких деталей время, приведенное в карте, следует брать с коэффициентом 0,8 на каждую деталь.

Таблица 19 – Вспомогательное время на закрепление и открепление детали при контактной сварке

Тип зажимного приспособления	Время на деталь, мин
Пневматический или пневмогидравлический	0,024
Эксцентриковый	0,031
Рычажный, шарнирный	0,038
Откидная или съемная трубка	0,115
Винтовой прижим	0,090

Таблица 20 – Вспомогательное время на снятие узла с электрода машины, мин

Номер позиции	Масса узла, кг, до	Длина узла, мм, до	
		1000	2000 и выше
		Время, мин	
1	0,5	0,020	0,022
2	1,0	0,025	0,027
3	1,6	0,029	0,032
4	2,0	0,032	0,035
5	2,5	0,035	0,039
6	3,2	0,037	0,041
7	4,0	0,040	0,044
8	5,0	0,043	0,047
9	6,3	0,046	0,051
10	8,0	0,050	0,055
11	10,0	0,054	0,060
1	12,0	0,058	0,064
13	16,0	0,064	0,070
14	20,0	0,069	0,076

Примечание. При сварке коротких деталей на прием «Взять щипцы, отложить щипцы» к времени по карте следует прибавлять 0,025 мин.

Таблица 21 – Время на обслуживание рабочего места $a_{обс.}$, отдых и личные надобности $a_{от.л.}$, % от оперативного

Вид сварки	Оборудование	$a_{обс.}$	$a_{от.л.}$
Точечная	Стационарная машина:		

	одноточечная	4	6
	многоточечная	6	7
	Клещи или пистолет	5	6
Шовная	Стационарная машина	4	6
Стыковая	Машина с неавтоматическим управлением	6	7
	Машина с автоматическим управлением	7	7

Для условий серийного производства следует применять поправочные коэффициенты, равные: для крупносерийного – 1; среднесерийного – 1,25; мелкосерийного – 1,35. Время на обслуживание рабочего места, отдых и личные надобности определяют по табл.21. Подготовительно-заключительное время для условий среднесерийного и мелкосерийного производства нормируют в зависимости от вида оборудования: для стационарных машин и клещей – 8 мин, для пистолета – 7,5 мин. Вспомогательное время на операцию при контактной сварке включает время на установку и снятие всех деталей свариваемого узла, закрепление и открепление всех его деталей, установку узла (детали) на электрод и съём, повороты, перемещение и передвижение узла на шаг, зачистку электрода при сварке алюминиевых сплавов и коррозионно-стойких сталей.

Норму штучно-калькуляционного и партионного времени определяют по ранее приведенным формулам.

Пример. Рассчитать норму штучного времени на точечную сварку.

Исходные данные: операция – сборка и прихватка бензобака; габаритные размеры узла 714x430x350 мм; масса узла 17 кг; материал – сталь листовая марки 08; сварочная машина марки МТ-2517, 120 двойных ходов, пусковое устройство педальное; бригада из 2 чел.; среднесерийное производство. Расчет нормы штучного времени выполняют по форме 1 (табл. 22).

Таблица 22 – Форма 1. Расчет нормы штучного времени на точечную сварку

Прием	Номер таблицы	Основное время на одну точку, мин	Вспомогательное время, мин
Установить половину бензобака массой 8,5 кг на стол свободно без фиксации	13	–	$0,058 \times 1,25 = 0,073$
Установить вторую половину бензобака массой 8,5 кг на первую по контуру	13	–	$0,07 \times 1,25 = 0,088$
Установить бензобак массой 17 кг на электрод точечной сварочной машины и снять	14	–	$0,115 \times 1,25 = 0,144$
Включить точечную машину, при-	11	0,0150	–

хватить бензобак в четырех точках			
Включить машину	11	0,0082	–
Повернуть узел дважды на 90°	16	–	$0,035 \times 1,25 = 0,088$
Передвинуть узел два раза на длину 714 мм	17	–	$0,043 \times 2 \times 1,25 = 0,108$
То же один раз на длину 430 мм	17	–	$0,035 \times 1,25 = 0,044$
Итого		0,0232	0,0545

Норма штучного времени $T_{\text{ш}} = (0,0232 \cdot 4 + 0,545) \cdot 1,1 = 0,702$ мин. Работу выполняют два рабочих одновременно. Норма времени на бригаду составит $H_{\text{в}} = 0,702 \cdot 2 = 1,404$ мин.

9 РАСЧЕТ СВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ЧИСЛЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РАБОЧИХ

При измерении годового объема сварочных работ в единицах времени работы (нормо-часах) расчетное количество единиц сварочного оборудования, потребное для выполнения каждой операции сварки, определяют по формуле

$$N_{\text{св}} = T / \Phi a_{\text{в}} a_{\text{исп}} = T_{\text{ш}} n / \Phi a_{\text{в}} a_{\text{исп}},$$

где T – фонд времени, потребный для выполнения годового объема сварочных работ, нормо-ч/год;

$T_{\text{ш}}$ – штучно-калькуляционное время на одно изделие на данной операции сварки, нормо-ч;

n – годовая программа выпуска изделий, ед.;

$a_{\text{в}}$ – коэффициент выполнения норм выработки, при наличии технически обоснованных норм времени его можно принять равным $1,0 \dots 1,3$;

$a_{\text{исп}}$ – коэффициент использования сварочного оборудования, его значение приближенно берется равным $0,7$ для индивидуального и мелко-серийного производства и $0,8$ – для крупносерийного и массового;

Φ – действительный годовой фонд времени работы сварочного оборудования, рассчитывается по формуле

$$\Phi = [365 - D_{\text{празд}} - D_{\text{в}} - D_{\text{пп}}] K_{\text{п}} + (D_{\text{с}} + D_{\text{пп}}) K_{\text{с}}] \text{Ч}_{\text{ар}},$$

где 365 – число календарных дней в году;

$D_{\text{празд}}$ – число праздничных дней в году;

$D_{\text{в}}$ – число выходных дней в году, не совпадающих с праздничными днями;

$D_{\text{с}}$ – число субботних дней в году, не совпадающих с праздничными днями;

$D_{пп}$ – число предпраздничных дней в году, не совпадающих с субботными днями;

$K_{п}$ – продолжительность полной смены, ч;

$K_{с}$ – продолжительность смены в субботные и предпраздничные дни, ч;

a_p – коэффициент, учитывающий время на капитальный и средний ремонт. Для укрупнения расчетов коэффициент a_p при одно-, двух- и трехсменной работе можно принять равным, соответственно, 0,097; 0,095; 0,93.

$Ч$ – принятая сменность, число смен.

Средний расчетный действительный годовой фонд времени работы оборудования при 5-дневной рабочей неделе с общей продолжительностью 71 ч и двухсменной работе за X пятилетку составил 3 968 ч. Требуемую численность основных производственных рабочих определяют по формуле

$$N_{пп} = T_{тех} B / \Phi_p,$$

где $T_{тех}$ – технологическая трудоемкость единицы продукции, чел/ч;

B – годовой выпуск продукции в принятых единицах измерения;

Φ_p – плановый фонд рабочего времени рабочих за год (см. табл. 23).

Таблица 23 – Расчетный плановый фонд рабочего времени

Продолжительность очередного отпуска, дни	Φ_p , ч
12	1 890
18	1 850
24	1 830

После расчета сварочного оборудования и численности основных производственных рабочих разрабатывается планировка цеха (отделения, участка).

Разработка технологического плана включает выбор наиболее рациональной для проектируемого производства схемы компоновки цеха (отделения, участка), представляющий собой техническую задачу, допускающую несколько решений. Рациональное решение этой задачи достигается путем параллельной разработки нескольких вариантов компоновочных схем технологического плана.

Окончательный вариант технологического плана оформляется в виде чертежа общего вида.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Аксельрод, Ф. А.** Оборудование для контактной сварки : справочник / Ф. А. Аксельрод, А. М. Миркин. – М. : Машиностроение, 1979. – 70 с.
- 2 **Гельман, А. С.** Технология и оборудование контактной сварки / А. С. Гельман. – М. : Машиностроение, 1960. – 368 с.
- 3 **Глебов, Л. В.** Расчет и конструирование машин контактной сварки / Л. В. Глебов, М. А. Пескарев, Д. С. Файгенбаум. – Л. : Энергоиздат, 1981. – 424 с.
- 4 **Гуляев, А. И.** Технология и оборудование контактной сварки / А. И. Гуляев. – М. : Машиностроение, 1985. – 256 с.
- 5 **Кучук-Яценко, Е. Н.** Контактная стыковая сварка непрерывным оплавлением / Е. Н. Кучук-Яценко, В. К. Лебедев. – К. : Наук. думка, 1976. – 328 с.
- 6 **Краковский, А. И.** Основы проектирования сварочных цехов / А. И. Красовский. – М. : Машиностроение, 1980. – 319 с.
- 7 **Николаев, А. К.** Сплавы для электродов контактной сварки / А. К. Николаев, В. М. Розенберг. – М. : Металлургия, 1978. – 95 с.
- 8 **Патон, Б. Е.** Электрооборудование для контактной сварки / Б. Е. Патон, В. К. Лебедев. – М. : Машиностроение, 1969. – 440 с.
- 9 **Рысаков, Э. А.** Трансформаторы для контактных электросварочных машин / Э. А. Рысаков. – М. : Энергия, 1975. – 280 с.
- 10 **Орлов, Б. Д.** Технология и оборудование контактной сварки / Б. Д. Орлов. – М. : Машиностроение, 1986. – 352 с.

Приложение А

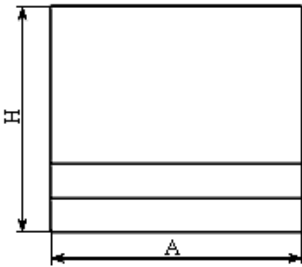
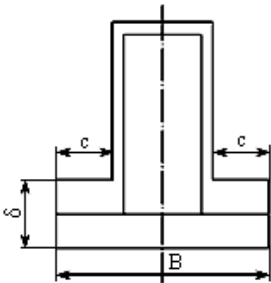
Некоторые теплофизические свойства металлов

Таблица А.1

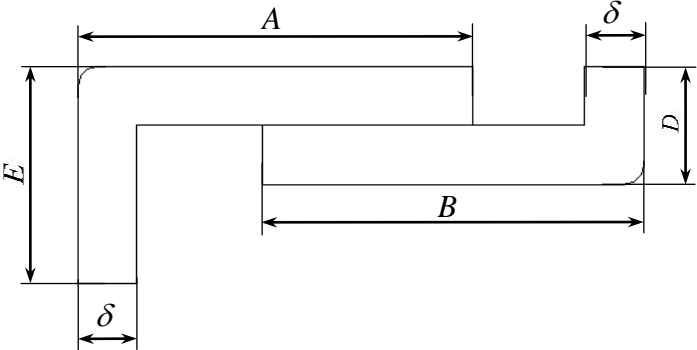
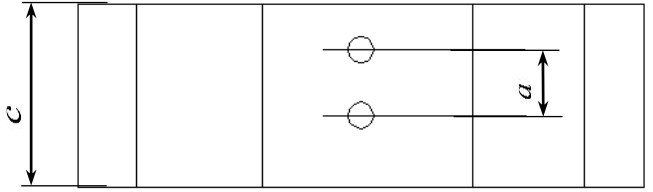
Металл	Удельное электро- сопротив- ление при 293 К ρ , Ом·м·10 ⁻⁸	Тепло- провод- ность при 293 К λ , Вт/(м·К)	Темпера- туропро- водность при 293 К α , м ² /с·10 ⁻⁴	Удельная теплоем- кость при 293 К c_p , Дж/кг К	Температу- ра плавлени- я (лик- видуса), К	Плот- ность, γ , кг/м ³ ·10 ³
Медь	1,75	359,4	1,05	371	1 356	8,90
Латунь Л-62	8,0	108,7	0,33	371	1 178	8,50
Бронза Бр-62	6,5	83,6	0,24	419		8,23
Алюминий	2,8	204,8	0,73	880	931	2,71
Д16АТ	7,3	125,4	0,50	838	906	2,80
АМг6	7,1	104,5	0,45	838	893	2,78
АМц	4,2	158,8	0,65	838	937	2,80
Молибден	5,15	146,3	0,53	272	2895	10,35
Магние- вые сплавы						
МА8	5,5	133,7	0,80	1048	923	1,77
МА2-1	12	96,1	0,52	1048	905	1,78
Низкоугле- родистая сталь Ст1кп	13	62,7	0,15	461	1 803	7,80
Коррозион- но-стойкая сталь 12Х18Н9Т	75	16,3	0,05	461	1 713	7,86
Сплав 30ХГСА	21	40	0,104	480	1 753	7,85
Жаропроч- ный сплав ВЖ98	120	9,6	0,025	440	1 673	8,88
Титановые сплавы						
ОТ4	142	9,6	0,035	587	1 933	4,59
ВТ5	100	7,5	0,025	587	—	4,59
ВТ14	150	7,9	0,030	503	—	4,52

Приложение Б
Перечень типовых заданий к курсовой работе

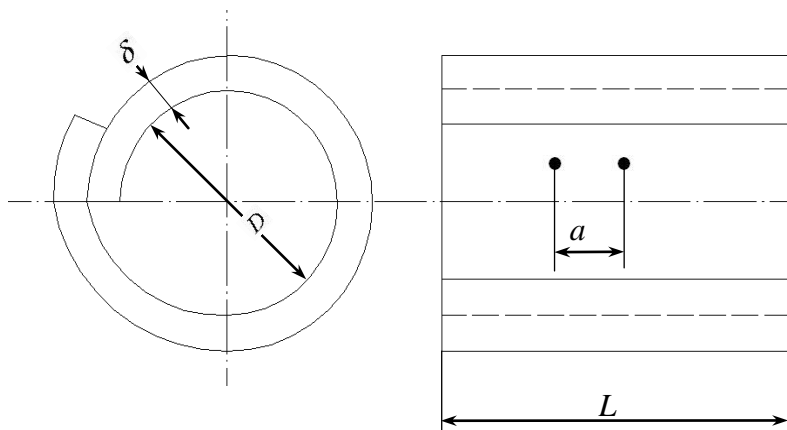
Таблица Б.1 – Вариант 1. Разработать технологический процесс изготовления изделия

Номер задания	Эскиз изделия	Размеры изделия, мм						Материал	Программа выпуска изделий, шт.
		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>H</i>	<i>C</i>	δ	α		
1	2	3						4	5
1	 	1000	400	200	100	1,0	50	Ст3	10 000
2		1200	300	100	60	1,5	40	АМГ-6	8000
3		800	600	300	80	1,8	50	X18H10T	12 000
4		800	500	400	50	2,0	30	Алюминий А5	9 000
5		600	200	300	40	1,2	40	30ХГСА	10 000
6		2000	500	500	70	2,5	60	Ст3	7 000
7		1000	400	300	60	1,0	40	Дюралюминий	6 000
8		900	300	300	50	0,6	30	Латунь Л62	8 000

Продолжение табл. Б 1

1	2	3							4	5
		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	δ	α		
9		150	200	500	100	120	0,8	30	АМг-6	12 000
10		300	300	600	200	200	2,0	40	Ст3	10 000
11		250	400	400	80	300	1,6	20	Х18Н10Т	9 000
12		500	250	500	300	400	1,2	50	Алюминий А5	10 000
13		600	300	700	250	200	2,5	60	Дюралюминий	15 000
14		750	500	550	200	180	0,8	30	Латунь Л62	12 000
15		400	600	300	300	150	1,0	40	30ЧГСА	14 000
16		800	400	500	150	120	1,8	30	Латунь Л62	12 000
17•		200	750	400	200	400	1,5	30	Ст3	15 000
18		400	400	600	100	150	2,0	40	АМг-6	10 000

Продолжение табл. Б.1

1	2	3				4	5
		L	D	δ	α		
19		1 000	500	1,0	50	Ст3	12 000
20		800	400	2,0	40	АМг-6	14 000
21		700	400	0,8	30	Х18Н10Т	10 000
22		600	350	0,6	35	Латунь Л62	15 000
23		750	300	1,2	40	Сталь 45	12 000
24		300	200	1,2	30	Алюминий А5	16 000
25		400	180	0,6	20	Дюралюминий	12 000
26		1 200	400	2,5	60	Ст3	14 000
27		900	300	1,6	40	30ЧГСА	15 000
28		500	300	1,0	50	АМг-6	16 000

Продолжение табл. Б.1

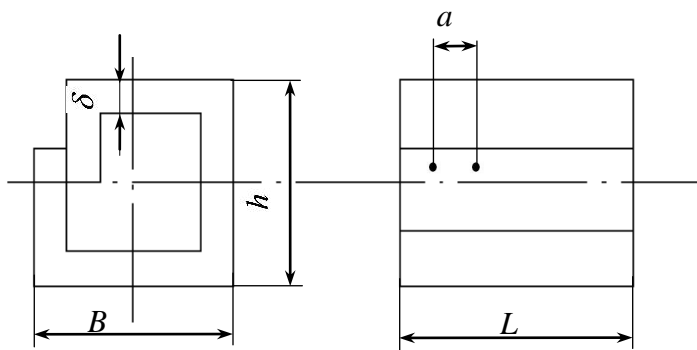
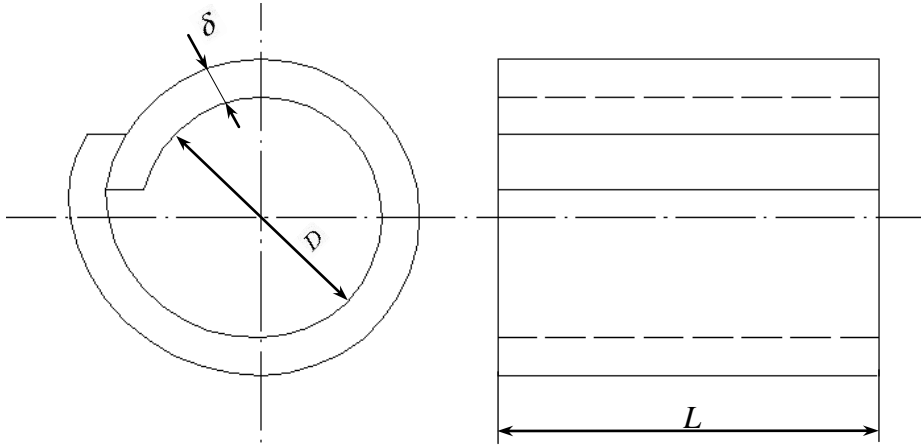
1	2	3					4	5
		L	B	h	δ	α		
29		300	260	150	0,5	50	Алюминий	1 200
30		400	300	200	0,8	40	АМГ-6	1 600
31		500	350	250	1,0	60	Латунь Л62	2 000
32		600	300	300	1,2	45	Х18Н10Т	1 800
33		700	400	250	1,0	55	Дюралюминий	1 600
34		800	450	300	1,5	40	Ст.3	1 400
35		900	400	350	1,8	50	Ст.45	1 200
36		1 000	500	400	2,0	55	Ст.3	1 000

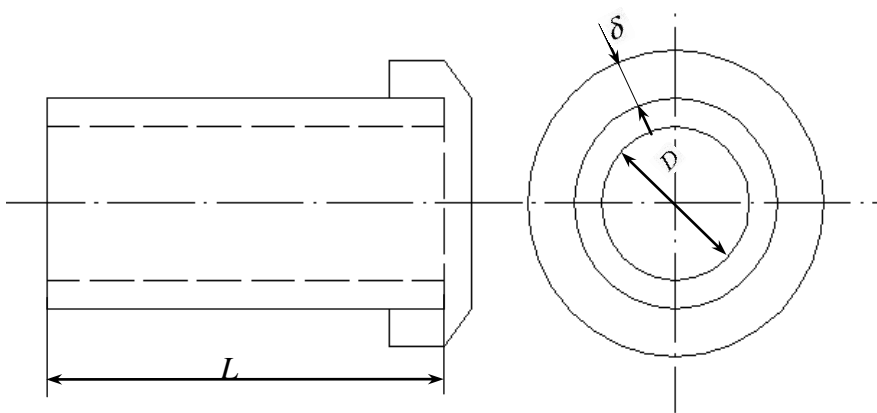
Таблица Б.2 – Вариант 2. Разработать технологический процесс изготовления шовной сварки

Номер задания	Эскиз изделия	Размеры изделия, мм						Материал	Программа выпуска изделий, шт.
		L	B	H	C	A	δ		
1	2	3						4	5
1		1 200	500	100	100	50	1,0	Ст3	12 000
2		1 000	400	50	50	80	1,6	X18H10T	14 000
3		900	600	150	150	60	0,8	АМг-6	15 000
4		1 100	300	80	80	100	2,5	30ХГСА	10 000
5		800	400	100	100	40	1,2	Латунь Л62	14 000

Продолжение табл. Б. 2

1	2	3			4	5
		L	D	δ		
6		1 200	600	0,8	Ст3	50 000
7		1 000	700	1,0	Х18Н10Т	600 000
8		900	500	1,2	АМГ-6	35 000
9		1 000	500	1,6	30ХГСА	40 000
10		800	400	1,8	Латунь Л62	30 000
11		700	450	2,0	Алюминий А5	25 000
12		1 000	600	1,8	Дюралюминий	50 000
13		600	400	2,5	Ст.	70 000
14		500	300	0,6	Х18Н10Т	80 000
15		800	450	0,8	АМГ-26	40 000

Продолжение варианта 2

1	2	3			4	5
		L	D	δ		
16		400	800	2,0	Ст.3	50 000
17		350	600	1,6	Х18Н10Т	55 000
18		200	700	0,8	АМг-6	40 000
19		800	500	1,22	Дюралюминий	60 000
20		500	550	1,0	30ХГСА	55 000
21		450	450	1,0	Ст.3	80 000
22		600	650	1,2	Ст.45	50 000
23		550	300	1,0	Латунь Л62	10 000
24		250	350	0,5	Латунь Л62	80 000
25		400	400	1,6	Алюминий А5	65 000

Продолжение варианта 2

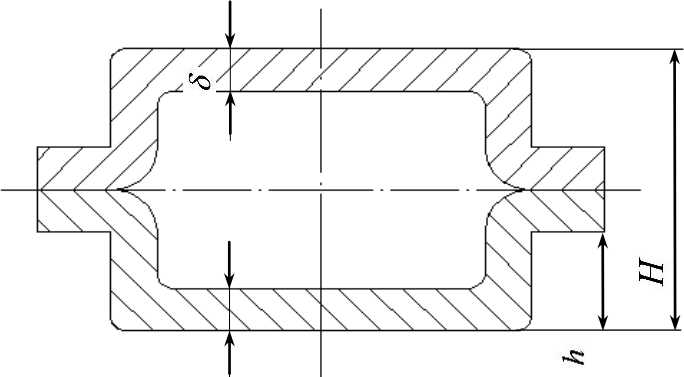
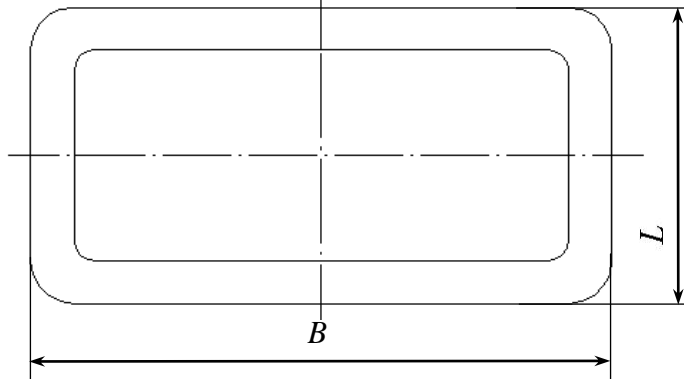
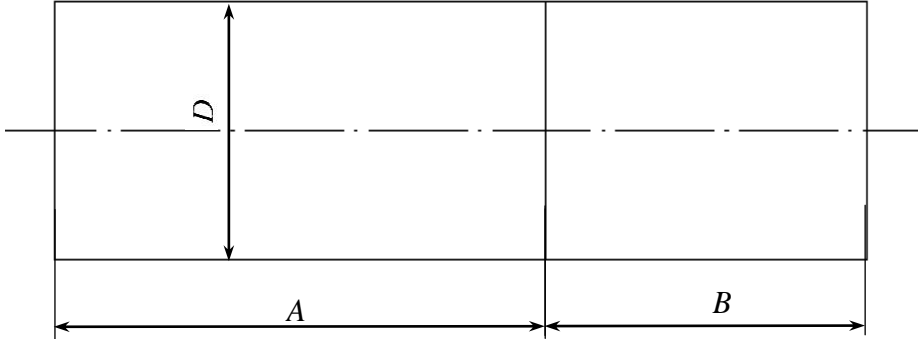
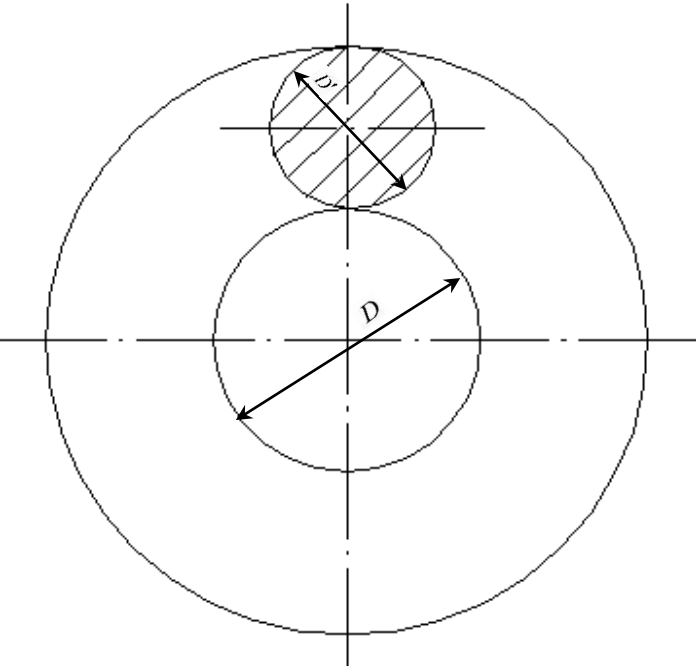
1	2	3					4	5
		L	B	H	h	δ		
26		300	300	200	120	1,0	Ст3	80 000
27		400	300	300	200	0,8	Дюралюминий	70 000
28		500	400	300	200	1,2	Алюминий	60 000
29		500	500	250	150	0,6	Х18Н10Т	40 000
30		600	400	350	200	0,8	АМг-6	45 000
31		700	500	400	200	0,6	30ХГСА	40 000
32		600	600	300	180	0,8	Латунь Л62	35 000
33		800	500	400	200	1,0	Х18Н10Т	30 000

Таблица Б.3 – Вариант 3. Разработать технологический процесс изготовления изделий открытой сварки

Номер задания	Эскиз изделия	Размеры изделия, мм			Материал	Программа выпуска изделий, шт.
		<i>D</i>	<i>A</i>	<i>B</i>		
1	2	3			4	5
1		15	1 200	800	Ст3	120 000
2		22	800	500	30ХГСА	100 000
3		40	400	300	X18H10T	150 000
4		20	200	100	Сталь 45	110 000
5		32	300	300	Ст.8	90 000
6		16	200	50	Ст.45+P18	30 000
7		18	300	60	Ст.45+P9	100 000
8		24	200	100	Ст.3+X18H10T	120 000
9		30	250	150	Ст.45+P18	150 000
		32	400	250	Ст.45+Ст.3	120 000

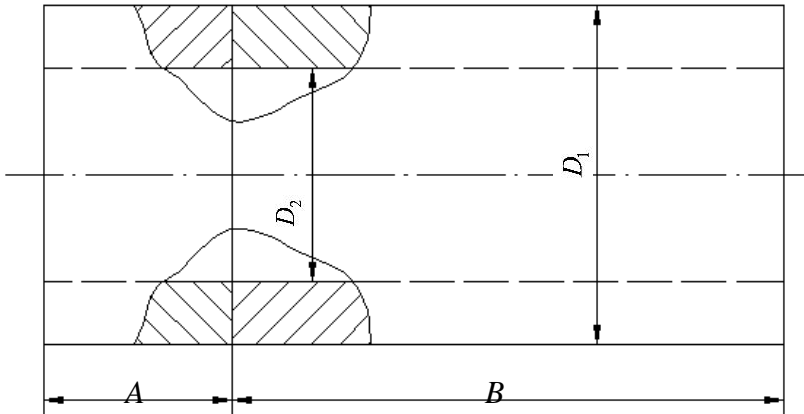
Продолжение табл. Б.3

1	2	3		4	5
		D	D_I		
10		600	12	Ст3	100 000
11		400	20	30ХГСА	80 000
12		800	23	Х18Н10Т	60 000
13		600	22	Ст.45	75 000
14		750	30	Алюминий	80 000
15		500	10	АМг-6	100 000
16		1000	32	Ст.3	30 000

Продолжение табл. Б.3

1	2	3			4	5
		D	δ	B		
17		600	10	30	Ст3	100 000
18		500	8	20	X18H10T	120 000
19		550	12	15	Ст.45	150 000
20		400	6	40	X18H10T	125 000
21		800	15	25	30ХГСА	130 000
22		450	4	20	Алюминий	140 000
23		500	5	24	Латунь Л62	120 000

Продолжение табл. Б.3

1	2	3				4	5
		A	B	D_1	D_2		
24		500	1 400	60	50	Ст.3	150 000
25		400	1 200	80	64	Ст.20	140 000
26		700	800	100	30	X18H10T	120 000
27		800	1 000	30	22	Алюминий	100 000
28		900	600	30	32	30ХГСА	110 000
29		1 000	500	76	66	Ст.3+ X18H10T	100 000
30		12 000	800	56	48	Ст.45	115 000
31		1 400	1 000	24	20	Алюминий	100 000

Приложение В

Теплофизические свойства некоторых металлов и сплавов

Таблица В.1

Материал	Удельный вес γ , г/см ³	Температура плавления $T_{пл}$, °C	Скрытая теплота плавления β , кал/г	Удельная теплоемкость C , кал/г·°C	Теплопроводность σ , кал/см·с·°C	Температуропроводность α , см ² /с	Удельное электрическое сопротивление ρ_i , мк·Ом / ·см ³	Температурный коэффициент сопротивления m_T , 1/°C
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вольфрам	19,3	3380	61,3	0,03	0,34 (0...1100 °C)	0,83	5,5	0,0050
Золото	19,3	1063	15,0	0,03 (20...100 °C)	0,74 (0...200 °C)	1,32	2,4	0,004
Медь	8,9	1083	42	0,1 (0...500 °C)	0,89 (0...500 °C)	1,05	1,75	0,0043
Молибден	10,2	2620	—	0,065 (0...100 °C)	0,29 (0...100 °C)	0,525	5,14	0,004
Никель	8,9	1453	73	0,115 (0...500 °C)	0,118 (0...700 °C)	0,23	7,3	0,0068

Продолжение табл. В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Титан	4,5	1725	−0,162	0,162 (0...400 °C)	0,036 (0...800 °C)	0,073	60	0,0038
Серебро	10,5	960,8	25	0,057 (0...427 °C)	0,93 (0...500 °C)	0,71	1,6	0,0041
Платина	21,45	1769	27	0,035 (0...1200 °C)	0,18 (0...700 °C)	0,25	10,1	0,00392
Низкоуглеродистая сталь	7,85	1530	50	0,18 (20...900 °C)	0,09 (20...900 °C)	0,15	15	0,006
Сталь 30ХГСА	7,85	1480	50	0,115 (20 °C)	0,09 (20 °C)	0,1	22	0,006
Сталь 40ХНМА	7,85	1480	50	0,115 (20 °C)	0,09 (20 °C)	0, 1	20	0,006
Аустенитная сталь 1Х18Н9Т	7,86	1440	50	0,125 (20...800 °C)	0,50 (0...500 °C)	0,038Г	70	0,004

Продолжение табл. В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Жаропрочный сплав Х20Н80	8,17	1390	50	0,11 (при 20 °С)	0,025 (при 20 °С)	0,28	100	0,0001
Латунь Л62	8,5	905	35	0,1 (0...500 °С)	0,37 (20...500 °С)	0,26	7,1	0,004
Д16	2,8	650	100	0,12 (20 °С)	0,4 (20 °С)	0,6	4,5	0,004
В95Т	2,8	650	100	0,2 (20 °С)	0,28 (20 °С)	0,5	5,8	0,004
АМц	2,73	650	100	0,2 (20 °С)	0,38 (20 °С)	0,7	4,2	0,004
АМг	2,72	650	100	0,2 (20 °С)	0,37 (20 °С)	0,68	4,4	0,004
МА-8	1,77	650	70	0,25 (100 °С)	0,35 (100 °С)	0,68	6,12	0,004

Навчальне видання

ТЕХНОЛОГІЯ І ОБЛАДНАННЯ ЗВАРЮВАННЯ ТИСКОМ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до курсового проекту
для студентів спеціальності 6.05050401
«Технологія і обладнання зварювання»
денної та заочної форм навчання

(Російською мовою)

Укладач **ВОЛКОВ Дмитро Анатолійович**

Редактор О. О. Дудченко

Комп'ютерна верстка О. С. Орда

50/2012	Підп. до друку	Формат 60x84/16
Папір офсетний.	Ум. друк.арк.	Обл.-вид.арк.
Тираж	прим.	Зам.№

Видавець і виготівник
«Донбаська державна машинобудівна академія»
84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру
серія ДК №1633 від 24.12.2003 р.