

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Оборудование и технология сварочного производства»

ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ И СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

*Методические указания к аудиторной контрольной работе для
студентов специальности 1-54 01 02 «Методы и приборы контроля
качества и диагностики состояния объектов» очной формы обучения*



Могилев 2016

Аудиторная контрольная работа по курсу "Технология сварки и сварные соединения"

Задание 1.

Исходные данные: способом ручной дуговой сварки покрытым плавящимся электродом свариваются две пластины стыковым двусторонним швом без разделки кромок (стыковое соединение) (рис. 1). Толщину металла $s = s_1$, длину изделия $L_{изд}$, материал пластин, а также ширину валика e для соответствующего варианта см. в табл. 1.

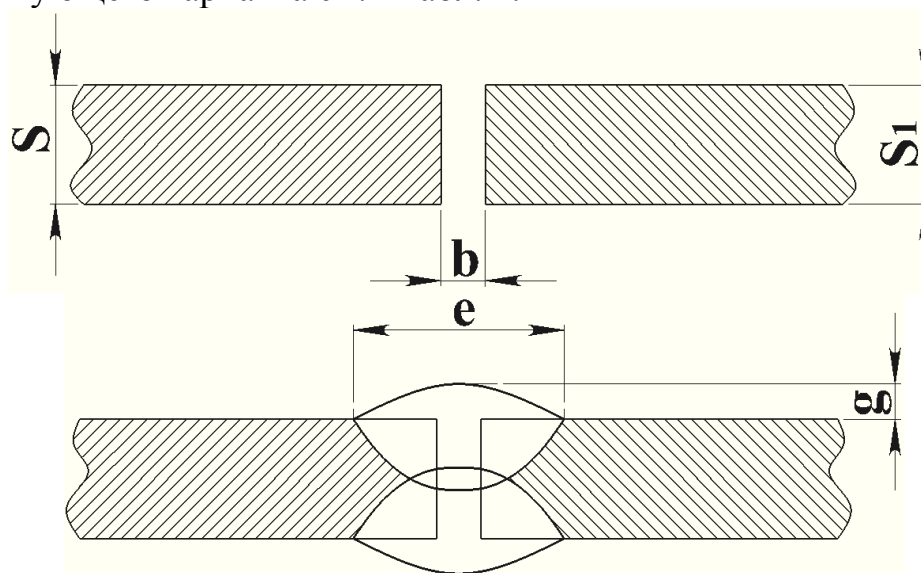


Рисунок 1 – Стыковой сварной шов ГОСТ 5264–80–С7

Таблица 1 – Исходные данные

№ п/п	$s = s_1, \text{мм}$	$L_{изд}, \text{м}$	материал	$e, \text{мм (не более)}$
1	4	5	10X17H13M3T	9
2	5	5	10X17H13M3T	9
3	6	5	10X17H13M3T	9
4	4	2	17X18H9	8
5	4	2	17X18H9	8
6	4	2	17X18H9	8
7	5	3	10X18H18Ю4Д	9
8	5	3	10X18H18Ю4Д	9
9	5	3	10X18H18Ю4Д	9
10	6	4	20X23H13	8
11	6	4	20X23H13	8
12	6	4	20X23H13	8
13	4	6	20X25H20C2	7
14	5	6	20X25H20C2	8
15	6	6	20X25H20C2	9
16	4	1	3X16H22B6Б	9
17	4	1	3X16H22B6Б	8
18	4	1	3X16H22B6Б	7
19	5	3	08X16H9M2	8
20	5	3	08X16H9M2	8

$b_{НОМ} = 2 \text{ мм}$ – зазор между деталями.

Пред. откл. для $b = \pm 1 \text{ мм}$.

$g = 1,5 \text{ мм}$ – высота валика шва.

Требуется:

1. рассчитать параметры режима сварки;
2. определить структуру свариваемой стали.

Последовательность расчета:

1. По табл. 2 для заданной толщины $s = s_I$ подбираем диаметр электрода $d_э$.

Таблица 2 – Выбор диаметров электродов и сварочных проволок

Толщина металла δ , мм	2	3—5	5—10	10—20
Диаметр электрода $d_э$, мм				
Ручная сварка покрытыми электродами	2,5	3,0; 4,0	4,0; 5,0	5,0; 6,0
Полуавтоматическая в CO_2	0,8; 1,0	1,2	1,2; 1,6	1,6
Автоматическая в CO_2	1,0	1,2; 1,6; 2,0	1,6; 2,0	3,0; 4,0
Автоматическая под флюсом	-	2,0; 3,0	3,0; 4,0	4,0; 5,0

2. Определяем величину сварочного тока по формуле:

$$I_{CB} = (\pi \cdot d_э^2 / 4) \cdot J (A), \quad (1)$$

где J – плотность тока, A/mm^2 .

3. Обосновываем тип электродного покрытия для сварки конкретной стали, после чего по табл. 3 для выбираем плотность тока.

Таблица 3 – Значения плотностей тока при ручной дуговой сварке

Вид покрытия электрода	Допускаемая плотность тока в электроде (A/mm^2) при $d_{эл}(мм)$			
	3	4	5	6
Кислое, рутиловое	14—20	11,5—16	10—13,5	9,5—12,5
Основное	13—18,5	10—14,5	9—12,5	8,5—12,0

4. Определяем напряжение на дуге при ручной дуговой сварке по формуле:

$$U_D = 20 + 0,04 \cdot I_{CB} (B) \quad (2)$$

5. Находим скорость сварки по формуле:

$$V_{CB} = (\alpha_H \cdot I_{CB}) / (\gamma \cdot F_H \cdot 100) (м/ч) \quad , \quad (3)$$

где F_H – площадь поперечного сечения наплавленного металла за один проход, см^2 ;

α – коэффициент наплавки, $\text{г}/(\text{А} \cdot \text{ч})$;

γ – плотность стали, $\text{г}/\text{см}^3$.

Коэффициент наплавки для РДС покрытыми электродами выбираем из диапазона $8-10 \text{ г}/(\text{А} \cdot \text{ч})$.

Площадь наплавленного металла стыкового шва определяется как сумма площадей геометрических фигур, которые заполняются электродным металлом при сварке. Для стыкового шва, выполненного без разделки кромок (согласно исходным данным), площадь наплавленного металла состоит из площади зазора между деталями F_3 и площади валика шва F_B (рис. 2):

$$F_H = F_3 + F_B = b \cdot h_{\text{ПР}} + 0,75 \cdot e \cdot q, \quad (4)$$

где b – зазор между деталями, мм ;

e – ширина валика шва, мм ;

q – высота валика шва, мм .

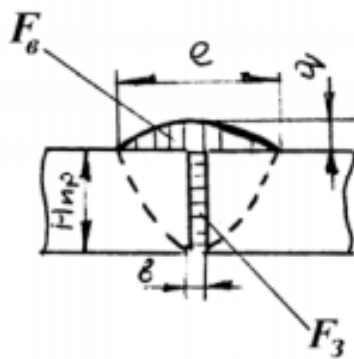


Рисунок 2 – Определение площади наплавленного металла

Глубина проплавления для стыковых двусторонних швов равна:

$$h_{\text{ПР}} = 0,5 \cdot s \text{ (мм)} \quad (5)$$

Плотность стали принимаем $\gamma = 7,9 \text{ г}/\text{см}^3$.

6. С помощью диаграммы Шеффлера (рис. 3) и специальных расчётных формул определяем эквивалентные значения хрома и никеля:

$$\text{Экв Cr} = \%Cr + \%Mo + 2\%Ti + 2\%Al + \%Nb + 1,5\%Si + \%V \quad (6)$$

$$\text{Экв Ni} = \%Ni + 30\%C + 30\%N + 0,5\%Mn \quad (7)$$

В случае отсутствия элемента в обозначении стали в расчетах принять содержание ниобия – $0,8\%$, кремния $0,8\%$, марганца – $1,5\%$.

По значениям эквивалентов Cr и Ni на диаграмме Шеффлера наносим точку, соответствующую структуре свариваемой стали.

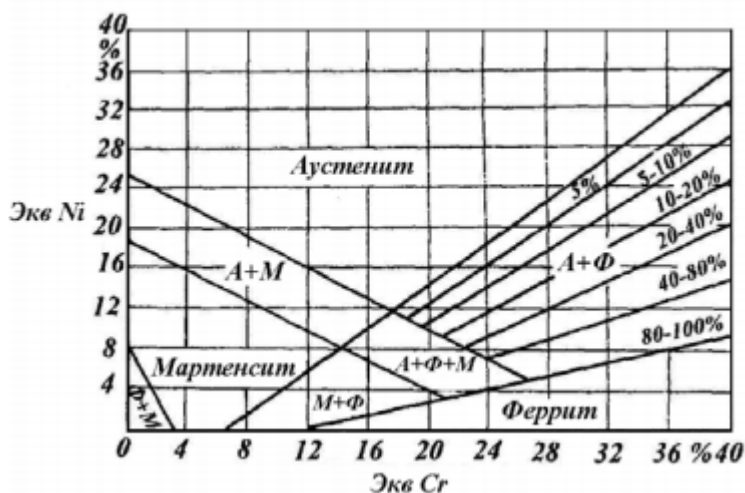


Рисунок 3 – Диаграмма Шеффлера

Задание 2.

Исходные данные: три плоских детали заданной толщины из определенной стали необходимо сварить "пакетом" способом контактной рельефной сварки на стационарной машине контактной точечной сварки (посредством установки на машину электродов с увеличенной площадью контактной поверхности). Рельефы располагаются на наружных деталях.

Требуется:

1. подобрать требуемую длительность протекания сварочного тока $\tau_{CB, c}$ по литературным рекомендациям (табл. 4);
2. рассчитать полное количество электрической энергии $Q_{ЭЭ}$, Дж, необходимой для формирования сварного соединения;
3. рассчитать величину требуемого сварочного тока I_{CB} , А.

Последовательность расчета:

1. Геометрия пакетного соединения и схема расчета теплового баланса представлены на рис. 4.
2. Уравнение теплового баланса зоны сварки имеет вид:

$$Q_{ЭЭ} = Q_{СТ} + Q_M + Q_{\Phi}, \quad (8)$$

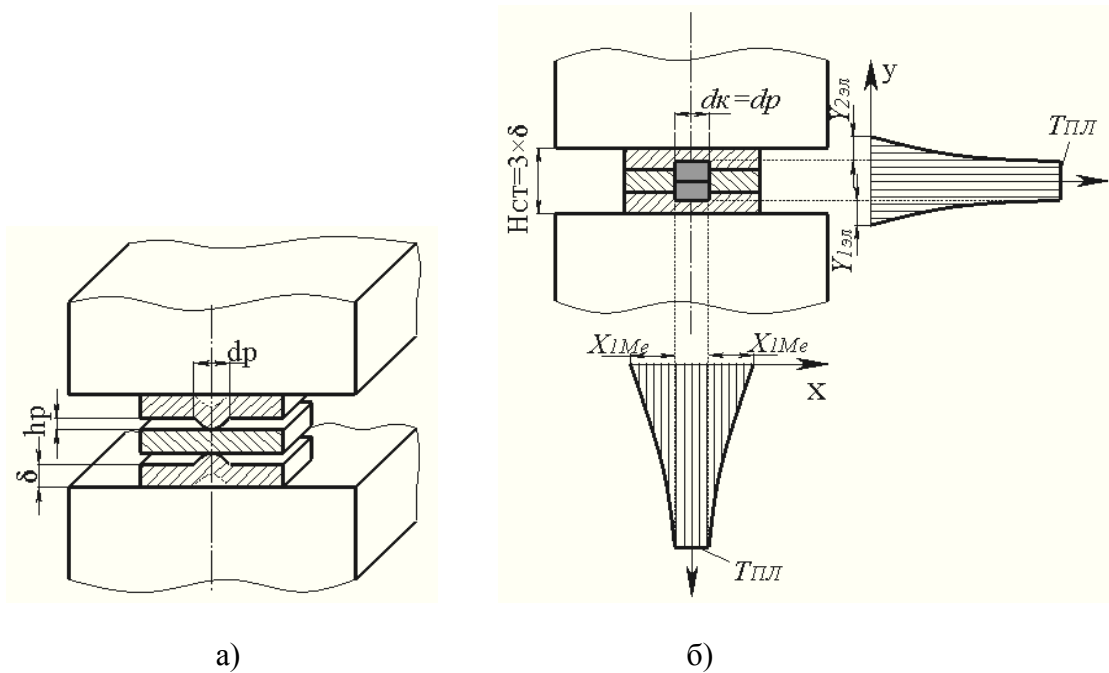
где $Q_{ЭЭ}$ – электрическая энергия, вкладываемая в межэлектродную зону, Дж;

$Q_{СТ}$ – электрическая энергия, затрачиваемая на нагрев и плавление центрального столбика металла, Дж;

Q_M – электрическая энергия, затрачиваемая на нагрев околошовной зоны, Дж;

Q_{Σ} – энергия, затрачиваемая на нагрев электродов, Дж;

$Q_M + Q_{\Sigma} = Q_{\text{пот}}$ – энергия тепловых потерь, Дж.



а – геометрия пакетного соединения трех деталей перед сваркой;
б – схема расчета теплового баланса пакетного соединения трех деталей

Рисунок 4 – Расчетная схема сварного соединения

Формулы составляющих электрической энергии:

$$Q_{CT} = 0,25\pi d_p^2 n \delta c_M \gamma_M T_{пл} \quad (9)$$

$$Q_M = n \delta K_1 \pi \sqrt{a_M \tau_{CB}} (d_p + 4\sqrt{a_M \tau_{CB}}) c_M \gamma_M T_{пл} \quad (10)$$

$$Q_{\Sigma} = 0,25 K_2 \pi d_{\Sigma-D}^2 \sqrt{a_{\Sigma} \tau_{CB}} c_{\Sigma} \gamma_{\Sigma} T_{пл} \text{ (Дж)} \quad (11)$$

где n – количество свариваемых деталей, шт.;
 δ – толщина свариваемого металла, см;
 d_p – диаметр выштампованного круглого рельефа, см;
 c_M – теплоемкость материала свариваемой детали, Дж/(г·°C);
 γ_M – плотность материала свариваемой детали, г/см³;
 $T_{пл}$ – температура плавления материала свариваемой детали, °C;
 K_1 – коэффициент, учитывающий, что средняя температура условного кольца нагрева меньше $T_{пл}/4$, безразм.;

a_M – коэффициент температуропроводности материала свариваемой детали, $\text{см}^2/\text{с}$;

K_2 – коэффициент формы электрода, безразм.;

$a_{\text{Э}}$ – коэффициент температуропроводности материала электродов, $\text{см}^2/\text{с}$;

$d_{\text{Э-Д}}$ – диаметр контакта электрода с деталью, см ;

$c_{\text{Э}}$ – теплоемкость материала электродов, $\text{Дж}/(\text{г} \cdot ^\circ\text{C})$;

$\gamma_{\text{Э}}$ – плотность материала электродов, $\text{г}/\text{см}^3$;

Распределение температурного поля в свариваемых деталях имеет следующие особенности:

а) подавляющую часть тепловыделения в центральной детали составляет тепловыделение, распространяющееся от мест ее контактирования с рельефами на наружных деталях;

б) температура столбика металла центральной детали достигает более 1400 K благодаря концентрации линий сварочного тока по площади контактирования ее с рельефами наружных деталей и интенсивной деформации с перемешиванием металла рельефов и центральной детали.

В связи с этим при расчете баланса энергии зоны сварки предполагается, что необходимо и достаточно рассчитывать электрическую энергию, вводимую в два столбика металла, общих для центральной и крайних деталей. Поэтому расчет составляющих уравнения теплового баланса мы производим для двух столбиков металла, объединяя их в один. При этом в металле, окружающем центральный столбик, температура постепенно снижается от $T_{\text{ПЛ}}$ до комнатной. Средняя температура нагреваемого кольца шириной $X_{1\text{Me}}$, см приближается к $T_{\text{ПЛ}}/4$. Ширина кольца растет с увеличением продолжительности нагрева и повышением температуропроводности свариваемого металла:

$$X_{1\text{Me}} = 4 \cdot \sqrt{a_M \cdot \tau_{\text{CB}}} \quad (12)$$

Объем условного кольца нагрева металла вокруг столбика расплавленного металла равен $n\delta\pi X_{1\text{Me}}(d_p + X_{1\text{Me}})$.

Область распространения тепла в электроды $Y_{\text{ЭЛ}}$, см равна:

$$Y_{\text{ЭЛ1}} = Y_{\text{ЭЛ2}} = 4 \cdot \sqrt{a_{\text{Э}} \cdot \tau_{\text{CB}}} \quad (13)$$

Требуемый сварочный ток I_{CB} , А находится по формуле:

$$I_{\text{CB}} = \sqrt{\frac{Q_{\text{ЭЭ}}}{r_{\text{ЭЭ}} \cdot \tau_{\text{CB}}}}, \quad (14)$$

где $r_{\text{эз}}$ – сопротивление межэлектродной зоны, мкОм (для различной суммарной толщины пакета будет разным).

Допущение: электроды всей своей площадью контактируют с наружными деталями пакета!

В табл. 4 представлены исходные данные для вариантов.

Таблица 4 – Исходные данные

Вариант	δ , мм	d_p , мм	Материал деталей	Материал электродов	Диаметр электрода $d_э$, мм	K_1	K_2	τ_{CB} , с	$r_{ээ}$, мкОм
1	1	3,5	сталь 08кп	Л62 (латунь)	40	0,8	1	0,25	100
2	1,5	4						0,36	110
3	2	5						0,48	120
4	2,5	7						0,9	130
5	3	8						1,5	140
6	1	3,5	30ХГСА	М1 (медь)	45			0,25	100
7	1,5	4						0,36	110
8	2	5						0,48	120
9	2,5	7						0,9	130
10	3	8						1,5	140
11	1	3,5	сталь 08кп	БрБ2 (бронза)	50			0,25	100
12	1,5	4						0,36	110
13	2	5						0,48	120
14	2,5	7						0,9	130
15	3	8						1,5	140
16	1	3,5	30ХГСА	БрОФ-6,5-0,5 (бронза)	60			0,25	100
17	1,5	4						0,36	110
18	2	5						0,48	120
19	2,5	7						0,9	130
20	3	8						1,5	140

В табл. 5 представлены теплофизические характеристики материалов.

Таблица 5 – Некоторые теплофизические характеристики материалов

Материал	γ , г/см^3	c , $\text{Дж/(г}^\circ\text{С)}$	a , $\text{см}^2/\text{с}$	$T_{\text{пл}}$, $^\circ\text{С}$
сталь 08кп	7,86	0,71	0,1	1530
30ХГСА	7,85	0,48	0,104	1480
Л62	8,5	0,418	0,26	905
БрОФ-6,5-0,5	8,65	0,5	0,15	995
БрБ2	8,23	0,419	0,243	955
М1	8,94	0,43	0,96	1083

Задание 3.

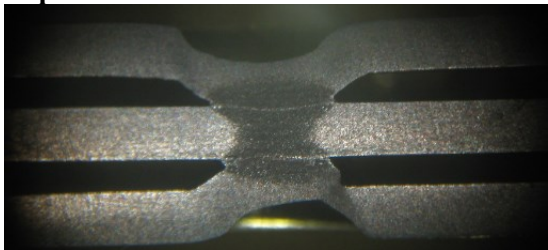
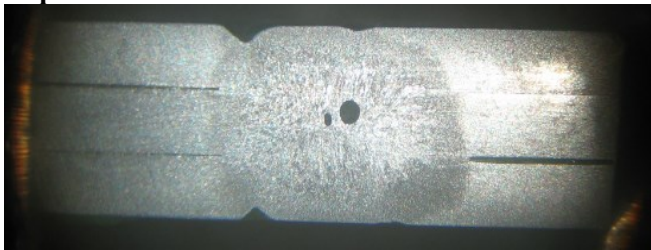
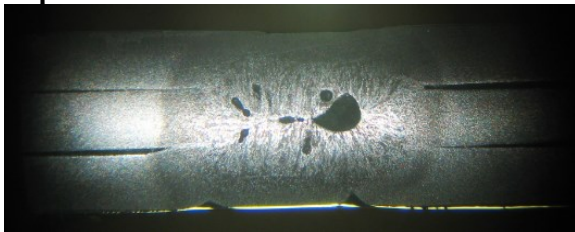
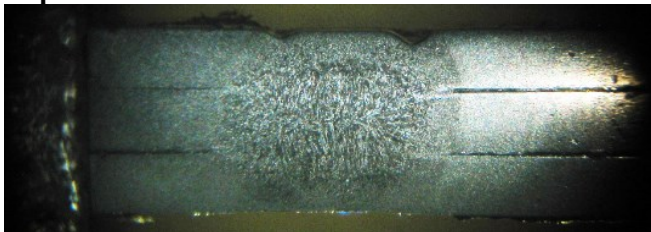
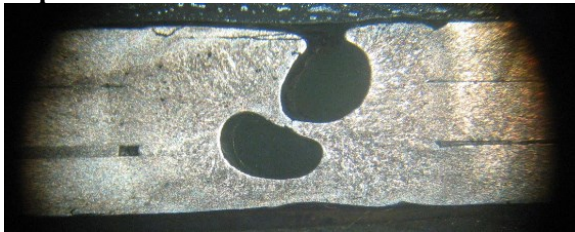
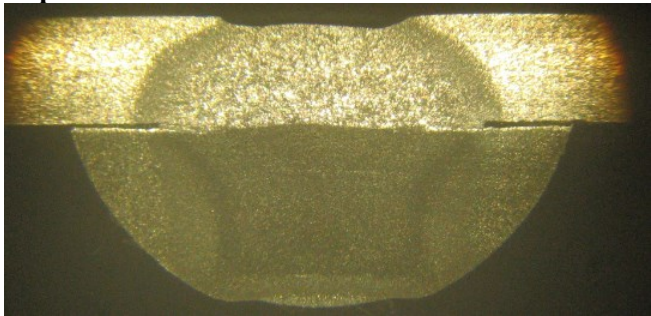
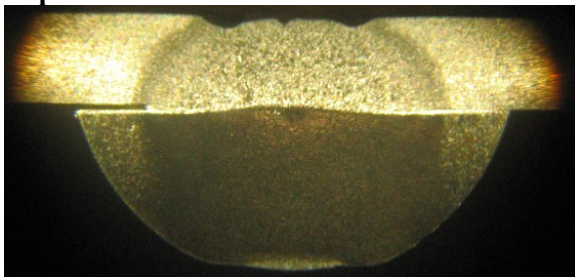
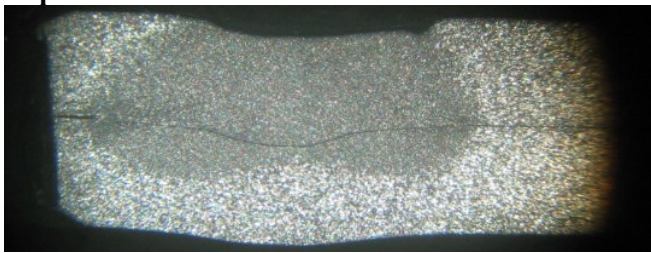
Исходные данные: имеется макрошлиф сварного соединения, полученного способом контактной рельефной сварки.

Требуется:

1. определить наличие или отсутствие дефектов сварки;
2. в случае наличия дефекта определить в масштабе один из его габаритных размеров;

3. объяснить возможные причины возникновения дефектов.

Исходные данные представлены на рис. 5.

Вариант №1  Толщина металла 2 мм	Вариант №2  Толщина металла 2 мм
Вариант №3  Толщина металла 2 мм	Вариант №4  Толщина металла 2 мм
Вариант №5  Толщина металла 2 мм	Вариант №6  Толщина металла 2,5 мм + 4,7 мм
Вариант №7  Толщина металла 2,5 мм + 4,7 мм	Вариант №8  Толщина металла 2 мм
Вариант №9  Толщина металла 2 мм	Вариант №10  Толщина металла 2 мм

Оформление аудиторной работы

Работа оформляется на листах формата А4 или любых других (количество не ограничено).

На первом листе необходимо указать разборчивым почерком фамилию и инициалы студента, а также номер группы.

Время выполнения работы: 2 часа.