

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ, МОЛОДЕЖИ И
СПОРТА УКРАИНЫ**

**ДОНБАССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНАЯ
АКАДЕМИЯ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к курсовой работе по дисциплине
«ТЕОРИЯ СВАРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ»
для студентов специальности 6.050504
«Технология и оборудование сварки»
всех форм обучения

Утверждено

на заседании кафедры ОиТСП,
протокол №20 от 05.06.2012 г.

Краматорск 2012

УДК 621.791

Методические указания к курсовой работе по дисциплине «Теория сварочных процессов» для студентов специальности 6.050504 «Технология и оборудование сварки» всех форм обучения / Сост. Богуцкий А.А. – Краматорск: ДГМА, 2012. - с.

В методических указаниях содержатся цель, задачи и тематика работ, варианты заданий и требования к оформлению курсовой работы по дисциплине.

Составитель

А.А.Богуцкий, доц.

Отв. за выпуск

Н.А. Макаренко, проф.

ОСНОВНЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- T** – температура твердого тела, °C;
- t** – время, с;
- X, Y, Z** – прямоугольные координаты подвижной системы, м;
- R** – пространственный радиус-вектор, расстояние точки от начала подвижной системы координат, м, $R^2 = X^2 + Y^2 + Z^2$;
- r** – плоский радиус-вектор элемента подвижного поля (для пластины) от начала координат, м, $r^2 = X^2 + Y^2$;
- r_x** – перпендикуляр из рассматриваемой точки на ось перемещения источника нагрева, $r_x^2 = Y^2 + Z^2$;
- q_u = η_иI_{св}U_д** – эффективная тепловая мощность источника, Вт;
- η_и** – эффективный КПД нагрева свариваемого металла;
- I_{св}** – сила сварочного тока, А;
- U_д** – значение напряжения на дуге при сварке, В;
- V_{св}** – скорость сварки, м/ч;
- δ** – толщина свариваемой пластины, м;
- T_м** – максимальная температура точки, °C;
- t_м** – время наступления максимальной температуры, с;
- T_с** – температура окружающей среды, начальная температура тела, температура предварительного подогрева, °C;
- W_{кр}** – скорость (критическая) охлаждения, °C/с;
- K₀(U)** – функция Бесселя от мнимого аргумента второго рода нулевого порядка, табличная величина;
- c_γ** – объемная теплоемкость металла, Дж/(м³·град);
- λ** – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·град);
- a = λ/c_γ** – коэффициент температуропроводности, м²/с;
- B = 2α/c_γδ** – коэффициент теплоотдачи пластины, с⁻¹;
- α** – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·град);
- ψ₂(ρ₂, τ), ψ₃(ρ₃, τ)** – коэффициент теплонасыщения для пластины и полубесконечного тела;
- $\rho_2 = r \sqrt{\frac{V_{св}^2}{4a^2} + \frac{B}{a}}$, $\tau_2 = t_n (V_{св}^2 / 4a + B)$ – безразмерные критерии

расстояния и времени для плоского процесса распространения тепла от линейного источника, перемещающегося в пластине;

$$\rho_3 = \frac{V_{\text{св}} R}{2a}$$

$$\tau_3 = \frac{V_{\text{св}}^2 t_{\text{н}}}{4a}$$

безразмерные критерии расстояния и времени для

пространственного процесса распространения тепла точечного источника, перемещающегося по поверхности полубесконечного тела.

1 Общие положения

Курсовая работа по дисциплине «Теория сварочных процессов» выполняется студентами специальности «Оборудование и технология сварочного производства» дневной формы обучения в шестом семестре, и заочной форм обучения - в девятом. Курсовая работа является заключительным этапом освоения дисциплины «Теория сварочных процессов» (ТСП), требует применения теоретических положений курса для практического анализа конкретных условий сварки с целью оптимизации условий и параметров режима.

Абсолютное большинство методов и способов сварки в настоящее время связано с местным нагревом и охлаждением свариваемого материала. Проблемы, обусловленные тепловыми процессами, происходящими при сварке - важнейшие в современном сварочном производстве. В соответствии с этим большая часть заданий по курсовой работе использует положения раздела «Тепловые процессы при сварке» дисциплины ТСП или отдельной дисциплины «Термодинамика и тепловые процессы при сварке». Настоящие методические указания составлены для облегчения самостоятельной работы при выполнении курсовых работ, связанных с расчетом тепловых процессов.

Курсовая работа по ТСП и решение задач с других разделов дисциплины выдается преподавателями в индивидуальном порядке по другим методическим указаниям. Установление закономерностей протекания тепловых процессов в свариваемом изделии - лишь инструмент анализа образования зоны термического влияния для конкретных сталей по их химическому составу, размерам, форме. Студенты определяют протяженность отдельных зон, влияющих на качество соединения, рассчитывают размеры зон проплавления, скорости охлаждения определенных точек, определяют и анализируют структуры распада аустенита в данных условиях, оценивают свариваемость с точки зрения вероятности образования холодных трещин и др. Таким образом, для выполнения курсовой работы используются знания и навыки из дисциплин: «Материаловедение и технология конструкционных материалов», «Термодинамика и тепловые процессы при сварке», «Теория сварочных процессов».

В работе объемная расчетная часть. Проводить расчеты без применения микрокалькуляторов с простейшими программами нецелесообразно. Часть заданий выполняется с применением ЭВМ в вычислительном центре академии.

2 Цель, задачи и тематика работ

2.1 *Цель курсовой работы* – научить студентов сварочной специальности применять положения курса «Теория сварочных процессов» к решению практических вопросов сварочного производства.

2.2 Задачи работы

1 По предложенным условиям сварки (химический состав и размеры свариваемого материала, параметры режима: величина сварочного тока $I_{\text{СВ}}$, в амперах; напряжение на дуге $U_{\text{Д}}$, в вольтах; скорость сварки $V_{\text{СВ}}$, в метрах на час) выбрать и обосновать расчетную схему распределения температурного поля.

2 Рассчитать распределение температур вдоль оси шва и на некотором удалении от нее. Построить кривые распределения температур на одном графике в координатах $T, ^\circ\text{C}$; $X, \text{м}$ для рассчитанных точек.

3 По кривым распределения температур вдоль оси шва графическим перестроением получить изотермы температур 200, 600, 800, 1350 $^\circ\text{C}$ на поверхности свариваемого тела.

4 По изотерме $T = 1350^\circ\text{C}$ (см. п.3) графически определить координаты точки сварного соединения, нагреваемой до 1350 $^\circ\text{C}$. В соответствии с выбранной схемой рассчитать и построить термический цикл данной точки.

5 Ознакомиться с приемами расчета температур свариваемого тела в период теплонасыщения. Рассчитать и построить графики распределения температур в поперечном сечении тела при предельном температурном поле и на двух различных стадиях периода теплонасыщения (по индивидуальному заданию). Сравнить и проанализировать полученные результаты.

6 Принимая для упрощения источник нагрева быстро движущимся (соответственно точечным или линейным), рассчитать распределение максимальных температур в поперечном сечении зоны термического влияния сварного соединения.

7 Используя информацию о распределении максимальных температур в ЗТВ, диаграмму состояния «железо-углерод» и химический состав свариваемого металла, определить протяженность отдельных участков ЗТВ в данных условиях (в метрах): участок неполного расплавления, крупного зерна, нормализации и др.

8 Определить конечную структуру точки ЗТВ, нагреваемой до 1350 $^\circ\text{C}$, используя термический цикл (см. п.4) точки и термокинетическую диаграмму для заданной марки стали.

9 Провести (по указанию преподавателя) теоретический расчет некоторых размеров сварного соединения: длины, ширины, объема ванны, площади проплавления, площади наплавки и др., принимая источник быстро движущимся, а свариваемое тело – массивным (схема полубесконечного тела) или бесконечной пластиной.

10 Выбрав из условий одну из схем – наплавки валика на массивное тело или односторонней сварки листов встык - провести (для точек сварного соединения, заданных руководителем) расчет мгновенных скоростей охлаждения и сравнить их с допускаемыми для данной марки стали. Сделать вывод о возможном трещинообразовании.

2.3. Тематика работ

1 Задания индивидуальные, рассчитанные на выполнение одним студентом. Варианты заданий охватывают три основные расчетные схемы теплового поля в теории распространения тепла при сварке: подвижный точечный источник, действующий на поверхности полубесконечного тела (ПТИ); мощный быстродвижущийся точечный источник, действующий на поверхности полубесконечного тела (МБТИ); мощный быстродвижущийся линейный источник в пластине (МБЛИ).

Каждый из вариантов отличается своими исходными данными: размерами свариваемого тела, заданными параметрами режима сварки.

2 Задание выдается студенту на специальном бланке с указанием химсостава свариваемого материала, параметров режима ($I_{\text{СВ}}$, $U_{\text{Д}}$, $V_{\text{СВ}}$), примерного (рекомендованного для вычислений) значения эффективного коэффициента полезного действия дуги (табл. 1-3), условий расчета распределения температур в период теплонасыщения, толщины пластины. На бланке указываются срок выполнения курсовой работы, даты выдачи задания, защиты работы.

3 Кроме тепловых расчетов в курсовой работе (в основном, для студентов дневной формы обучения) могут предлагаться задания по другим разделам курса «Теория сварочных процессов»: «Источники сварочного нагрева», «Металлургические процессы сварки» и др. При этом производят расчет состава газовой фазы дуги при диссоциации газов, при сварке в газовых смесях. Рассчитывают степень ионизации газовой фазы с учетом испарений металлов и на ее основе определяют такие параметры дуги, как плотность тока, температуру столба дуги и строят вольтамперную характеристику дуги. Рассчитывают процессы окисления металла шва в зависимости от состава газов и металла, определяют раскислительную способность элементов в определенных условиях сварки и выбирают сварочные материалы. Расчетным путем оценивают потери элементов на испарение из многокомпонентного состава электродного металла. Указанные работы выполняются по специальным методикам с использованием лекционного материала по дисциплине «Теория сварочных процессов» при индивидуальных консультациях.

4 В курсовой работе в качестве свариваемого металла предусмотрены только низкоуглеродистые, низколегированные, углеродистые и инструментальные стали.

Теплофизические константы, рекомендуемые для расчетов, приведены в приложении А. В этих условиях можно задаваться значениями эффективного КПД сварки, приведенными в табл. 1 - 3.

Таблица 1 - Условия заданий для схемы «Подвижный точечный источник»

Номер ряда	$I_{св}, A$	U_d, B	η_u	Скорость сварки, $V_{св}, м/ч$												
				3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	100	20	0,6	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	120	20	0,6	3	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	140	22	0,65	3	3,5	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	160	22	0,65	3	3,5	4	4,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	180	24	0,65	3	3,5	4	4,5	5	-	-	-	-	-	-	-	-
6	200	24	0,7	3	3,5	4	4,5	5	5,5	-	-	-	-	-	-	-
7	220	24	0,7	-	3,5	4	4,5	5	5,5	6	-	-	-	-	-	-
8	240	26	0,7	-	-	4	4,5	5	5,5	6	6,5	-	-	-	-	-
9	260	26	0,7	-	-	-	4,5	5	5,5	6	6,5	7	-	-	-	-
10	280	26	0,75	-	-	-	-	5	5,5	6	6,5	7	7,5	-	-	-
11	300	28	0,75	-	-	-	-	-	5,5	6	6,5	7	7,5	8	-	-
12	320	28	0,75	-	-	-	-	-	-	6	6,5	7	7,5	8	8,5	-
13	340	28	0,75	-	-	-	-	-	-	-	6,5	7	7,5	8	8,5	9

Таблица 2 - Условия заданий для схемы «Быстродвижущийся мощный точечный источник»

Номер ряда	I_{CB}, A	U_d, B	η_u	Скорость сварки, $V_{CB}, м/ч$													
				15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	600	34	0,75	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	650	36	0,75	15	17,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	700	36	0,75	15	17,5	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	750	38	0,8	15	17,5	20	22,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	800	38	0,8	15	17,5	20	22,5	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	850	40	0,8	15	17,5	20	22,5	25	27,5	-	-	-	-	-	-	-	-
7	900	40	0,85	-	17,5	20	22,5	25	27,5	30	-	-	-	-	-	-	-
8	950	42	0,85	-	-	20	22,5	25	27,5	30	32,5	-	-	-	-	-	-
9	1000	42	0,85	-	-	-	22,5	25	27,5	30	32,5	35	-	-	-	-	-
10	1050	44	0,85	-	-	-	-	25	27,5	30	32,5	35	37,5	-	-	-	-
11	1100	44	0,9	-	-	-	-	-	27,5	30	32,5	35	37,5	40	-	-	-
12	1150	46	0,9	-	-	-	-	-	-	30	32,5	35	37,5	40	42,5	-	-
13	1200	46	0,9	-	-	-	-	-	-	-	32,5	35	37,5	40	42,5	45	-

Таблица 3 - Условия заданий для схемы “Быстродвижущийся мощный линейный источник ”

Номер ряда	I_{CB}, A	U_d, B	$S, мм$	η_u	Скорость сварки, $V_{CB}, м/ч$												
					36	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1	600	34	10	0,8	36	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2	650	36	10	0,8	36	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3	700	36	10	0,8	36	38	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4	750	38	11	0,85	36	38	40	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5	800	38	11	0,85	36	38	40	42	44	--	--	--	--	--	--	--	--
6	850	40	11	0,85	36	38	40	42	44	46	--	--	--	--	--	--	--
7	900	40	12	0,9	--	38	40	42	44	46	48	--	--	--	--	--	--
8	950	42	12	0,9	--	--	40	42	44	46	48	50	--	--	--	--	--
9	1000	42	12	0,9	--	--	--	42	44	46	48	50	52	--	--	--	--
10	1050	44	13	0,95	--	--	--	--	44	46	48	50	52	54	--	--	--
11	1100	44	13	0,95	--	--	--	--	--	46	48	50	52	54	56	--	--
12	1150	46	14	0,95	--	--	--	--	--	--	48	50	52	54	56	58	--
13	1200	46	14	0,95	--	--	--	--	--	--	--	50	52	54	56	58	60

3 Объем и содержание курсовой работы

Тепловые расчеты ограничены тремя основными схемами:

3.1 ПТИ - точечный источник постоянной мощности, движущийся прямолинейно с постоянной скоростью по поверхности полубесконечного тела. Схема ПТИ применяется для исследования температурных полей при ручной дуговой сварке массивных изделий. Уравнение предельного состояния процесса распространения тепла, отнесенное к подвижной системе координат (ее начало совмещено с источником нагрева) имеет вид

$$T_{(R,x)} = \frac{q_U}{2\pi\lambda R} \exp\left(-\frac{V_{CB}}{2a}(x + R)\right), \quad (1)$$

где X - абсцисса рассматриваемой точки в подвижной системе.

Для точек, расположенных впереди дуги, (положительная полуось) оордината « X » положительна, на отрицательной полуоси – отрицательна.

Скорость перемещения источника нагрева и его мощность невелики, тепло распространяется впереди дуги. Степень вытянутости температурного поля определяется не абсолютной величиной скорости, а сложным параметром $V_{CB}R/a$. Поверхностные изотермы от ПТИ - овалы замкнутые кривые, смещенные относительно источника в сторону, противоположную перемещению. Позади дуги скорость сварки не влияет на форму изотерм. Изотермы низких температур по сравнению с высокими более вытянуты. При приближении к месту действия источника (по схеме он сосредоточен в точке) температура точек тела быстро растет и при $R \rightarrow 0$ $T \rightarrow \infty$. При расчете распределения температур на поверхности изделия вдоль оси OX , т.е. при зависимости $T=F(x)$, сначала принимают $y=0$, затем придают y некоторые значения. По максимальным температурам расчет обычно доводят до температуры плавления $T_{пл}$. Внутри ванны нельзя рассчитывать температурные поля по формуле (1). Результаты расчета представляют в табличном виде и на отдельном рисунке (рис.1)*. Для качественного построения графиков рис.1 необходимо, чтобы между $T_{пл}$ и 200°C на ветви охлаждения было не менее 10 значений температуры, на ветви нагрева – 5.

Термический цикл отдельных точек зависимость $T = F(t)$, можно построить, прибегнув к пересчету кривых $T = F(x)$, представлению их в другом масштабе. При этом используется зависимость $t = x/V_{CB}$. Пересчет пригоден и при $U = 0$ и при $U \neq 0$. Неточности возникают из-за того, что аналитически нельзя получить температуру точки, равную нулю.

* Здесь и дальше имеются в виду рисунки, выполняемые самими студентами.

Для построения термического цикла за начало координат следует принимать некоторые значения температур (20...10 °С) в зависимости от требуемой точности. В курсовой работе рассчитывается и строится термический цикл для точки, нагреваемой до 1350 °С. Термический цикл изображают на рис.4.

Поверхностные изотермы (рис.2) получают графическим перестроением данных рис.1. При этом необходимо следить, чтобы для каждой изотермы количество точек составляло 8...10. Если их меньше, следует дополнить расчетные данные промежуточными при новых значениях Y .

Для расчета максимальных температур точек T_m в схеме ПТИ нет аналитического выражения. Поступают следующим образом: а) ведут расчет по схеме МБТИ; б) строят «кусочки» термических циклов для значений нескольких отрицательных «X» («Y» задано, «X» принимают равным 0), определяют из графика; в) используют специальные номограммы [1, с.460] и методику [1, с.463]. T_m в точках, удаленных от оси ОХ достигается не в момент прохождения дуги через плоскость, перпендикулярную оси сварки, а несколько позже. Чем дальше точка от оси перемещения, тем ниже T_m и больше t_m . При выполнении курсовой работы значения максимальных температур можно определять по формулам для схемы МБТИ. Совместив на одном рисунке (рис.5) $T_m = F(Y)$ и диаграмму «железо-углерод» (приложение Б), определяют протяженность наиболее характерных участков околошовной зоны. Размеры зон определяют два раза: по количеству углерода в стали (приложение В), а также по эквивалентному содержанию углерода [2]:

$$C_{\text{э}} = \left(C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + V}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2} \right), \quad (2)$$

где $C, Mn, V \dots$ - процентное содержание элемента в стали. Содержание меди учитывают при $Cu \geq 0,5\%$, а фосфора - при $P \geq 0,05\%$.

Определение температуры точки в период теплонасыщения (T_H) производят из предпосылки

$$T_H = \psi T_{\text{пр}}, \quad (3)$$

где $T_{\text{пр}}$ – температура рассматриваемой точки при установившемся температурном поле, определяется по формуле (1).

ψ – коэффициент теплонасыщения для точечного источника в полубесконечном теле T_m (приложения Г и Д).

Коэффициент теплонасыщения рассчитывают по времени теплонасыщения (времени действия источника), V_{CB} , координатам точки, теплофизическим свойствам металла

$$t_H = L/V_{CB}, \quad (4)$$

где L – длина шва к моменту расчёта.

Расчетные данные по распределению температур в поперечном сечении сварочного соединения $T = F(Y)$ для предельного температурного поля при двух периодах теплонасыщения при $L = 10$ и 50 мм, T_H^{10} и T_H^{30} и приводятся таблично и на графиках рис. 3.

Известно, что структура и свойства сварного соединения зависят от скорости распада аустенита, что определяется скоростью охлаждения данной точки. В работе структуру определяют по точке, нагреваемой до 1350 С. На рис.6 совмещают диаграмму изотермического распада аустенита свариваемой стали и ветвь охлаждения термического цикла (рис.4), что позволяет сделать вывод о возможности образования холодных трещин и окончательной структуре.

4.2 МБТИ - мощный быстродвижущийся точечный источник постоянной мощности, движущийся прямолинейно с постоянной скоростью на поверхности полубесконечного тела. Схема МБТИ применяется для исследования температурных полей при автоматической дуговой сварке массивных изделий. Уравнение предельного состояния процесса распространения тепла имеет вид

$$T(y_0, z_0, t) = \frac{q_n}{2\pi\lambda t} \exp(y_0^2 + z_0^2) / 4at), \quad (5)$$

где t – время с момента пересечения источником тепла плоскости y_0Oz_0 с рассматриваемой точкой;

y_0 и z_0 - неподвижные точки, связанные с изделием, они не отличаются от подвижных точек y и z .

Поэтому для расчета можно использовать формулу (5) в виде:

$$T(r_x, t) = \frac{q_n}{2\pi\lambda x} \exp(-r^2 V_{CB} / 4ax). \quad (6)$$

В последнем уравнении произведена замена $V_{CB} t = X$.

Схема МБТИ разработана для специфического температурного поля, которое наступает при $q_u \rightarrow \infty$ и $U_{CB} \rightarrow \infty$. Позади источника распространением тепла можно пренебречь, впереди, вследствие высокой скорости перемещения, тепло не распространяется. Изотермы вытянуты и в большей своей части параллельны друг другу. Это показывает, что для схемы МБТИ характерен теплоотвод перпендикулярно к оси сварки. В самом источнике изотермы сливаются, позади источника сильно вытянуты и узки. На практике даже при очень больших скоростях тепло распространяется перпендикулярно только вблизи шва, поэтому более точны расчеты температур рядом со швом.

Отметим некоторые особенности расчета по сравнению со схемой ПТИ. Распределение температур и термические циклы точек рассчитывают непосредственно по уравнениям (5) и (6). Максимальные температуры в точках, заданных координатами y и z определяют по формуле (7), а время наступления T_m - по формуле (8):

$$T_{m(rx)} = \frac{0,368q_u}{\pi/2 V_{CB} c \gamma r_x^2} \quad (7)$$

$$t_m = r_x^2 / 4a \quad (8)$$

При расчете температур в поперечном сечении шва для двух моментов периода теплонасыщения находят два распределения температур и для предельного температурного поля.

В остальных расчетах следует придерживаться последовательности, описанной в подразделе 4.1.

4.3 МБЛИ – мощный быстродвижущийся линейный источник постоянной мощности, движущийся с постоянной скоростью в пластине. Схема МБЛИ применяется для исследования температурных полей при автоматической дуговой сварке пластин встык за один проход. Уравнение предельного состояния процесса распространения тепла имеет вид:

$$T_{(y_0,t)} = \frac{q_u}{V_{CB} S \sqrt{4\pi\lambda c \gamma t}} \exp\left(-\frac{y_0^2}{4at} - bt\right), \quad (9)$$

где b - коэффициент теплоотдачи пластины, учитывает понижение температуры за счет теплоотдачи боковых поверхностей; для грубых расчетов можно принимать $b = 0$;

y_0 - координата, связанная с изделием, $y_0 = y$.

Характер процесса распространения тепла аналогичен описанному для схемы МБТИ в массивном изделии. Термический цикл рассчитывают из выражения (9). Распределение температур получают при замене $X = V_{CB}t$.

Максимальные температуры определяют по формуле (10):

$$T_{m(y_0)} = \frac{0,484q_u}{V_{CB}C\gamma\delta 2y_0} \left(1 - \frac{by_0^2}{2a}\right). \quad (10)$$

Максимальные температуры с удалением от плоскости перемещения источника убывают медленнее, чем T_m для полубесконечного тела. Время наступления T_m находят из решения квадратного уравнения (11):

$$t_m^2 + \frac{t_m}{2b} - \frac{y_0^2}{4ab} = 0 \quad (11)$$

4 Требования к оформлению

Курсовая работа состоит из расчетно-пояснительной записки, таблиц и рисунков.

4.1 Расчётно-пояснительная записка при учебном проектировании объединяет в себе два технологических документа: пояснительную записку и расчёты.

Расчётно-пояснительную записку оформляют рукописным способом на одной стороне листа бумаги формата А4 с нанесением на нем рамки.

При оформлении листов записки рекомендуется выдерживать расстояние от верхней или нижней строки текста до края листа не менее 15 мм по горизонтали: в начале строки не менее 25 мм, в конце – 8 мм от края листа. Заголовки должны быть по возможности краткими, должны соответствовать содержанию записки, записываться прописными буквами. Точку в конце заголовка не ставят.

Переносы слов в заголовках не допускаются. Подчеркивать заголовки нельзя. Между заголовками и текстом должно быть не менее 10 мм, между последней строкой текста и последующим заголовком – не менее 15 мм. Сокращения слов допускаются в соответствии с ГОСТ 7.12-77 и общепринятые (и т.д., и т.п., и др.).

Страницы записки нумеруют арабскими цифрами. Разделы должны иметь порядковую нумерацию (арабскими цифрами), кроме вывода и введения. Иллюстрации (таблицы, рисунки, схемы), расположенные на отдельных листах, входят в общую нумерацию.

Иллюстрации располагают после первого их текстового упоминания.

Рекомендуется следующее построение записки:

Титульный лист (приложение Е)

Бланк задания (в нумерацию не входит).

Введение (обоснование выбора расчетной схемы, пояснение периодов теплового поля, влияния тепловых процессов на формирование сварного соединения и др.)

1 Расчет температурного поля предельного состояния по оси перемещения источника нагрева. Построение поверхностных изотерм (в данный раздел включить табл.1 и рис.2)

2 Сравнение температур точек тела в период теплонасыщения и предельного температурного поля (табл.2, 3, рис.3)

3 Расчет термического цикла точки, нагретой до $T=1350^{\circ}\text{C}$ (табл.4, рис.4)

4 Расчет распределения максимальных температур. Определение протяженности участков околошовной зоны (табл.5, рис.5)

5 Определение структуры свариваемого металла по точке, нагреваемой до $T = 1350^{\circ}\text{C}$ (рис. 6).

Выводы (не перечисление выполненного в работе, а научные выводы и рекомендации практического применения результатов).

Перечень ссылок.

Расчеты и построение графиков выполняются на компьютере с применением пакетов прикладных программ EXCEL, MathCad и др.

Расчетную формулу записывают со ссылкой на источник, нумеруют арабскими цифрами, номер ставят с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках. Под формулой приводят расшифровку ее символов: каждый символ приводят с новой строки, последовательность - по формуле, первая строка начинается со слова «где» без двоеточия. В пределах записки формулы не повторяются, расшифровка символа дается один раз.

Обычно приводят формулу, запись ее с подставленными величинами, значение искомой величины (или представление результатов в виде таблицы). При ссылке в тексте на формулу дают ее номер в круглых скобках, например: «... в формуле (11)».

Ссылка на литературный источник в тексте включает номер по перечню ссылок, заключенный в квадратные скобки, при необходимости с указанием страницы источника, например: [1, с.75]. Перечень ссылок оформляют по ГОСТ 7.1-76.

4.2 Таблицы должны иметь сквозную нумерацию арабскими цифрами. Каждая таблица имеет тематический заголовок. В левом верхнем углу таблицы над заголовком помещают надпись «Таблица...» с указанием номера. Тематический заголовок помещают над таблицей, через тире после номера таблицы. При переносе на другие страницы над частями таблицы пишут: «Продолжение таблицы 4». Графа «№ п.п» в таблицу не включается. Текст в головке таблицы может быть только в 1 и 2 строки. Делить головку таблицы по диагонали не допускается. В тексте записки ссылки на таблицу даются с сокращениями: «... в табл. 5».

4.3 Все рисунки выполняют на миллиметровке черным карандашом, при помощи чертежных инструментов. Формат рисунков А3 или А4 без оформления рамки. Рисунки дают на отдельных листах, размещаемых по тексту. Нумеруют последовательно в пределах курсовой работы. Каждый рисунок должен содержать тематический заголовок, а при необходимости – и поясняющие данные (подрисуночный текст). Ссылки в тексте на рисунки приводят с сокращением: «рис.1» или (рис.1).

Для курсовой работы по тепловым процессам можно рекомендовать следующие наименования рисунков:

Рисунок 1 - Температурное поле предельного состояния при движении точечного (линейного и мощного быстродвижущегося точечного и др.) источника теплоты на поверхности полубесконечного тела (в бесконечной пластине).

Рисунок 2 - Изотермы 200,600,800,1350 °С на поверхности полубесконечного тела (бесконечной пластины).

Рисунок 3 - Распределение температур в поперечном сечении шва при установившемся температурном поле и в период теплонасыщения.

Рисунок 4 - Термический цикл точек, нагреваемых до 1350 °С.

Рисунок 5 - Определение протяженности участков околошовной зоны.

Рисунок 6 - Определение структуры и свойств свариваемого металла по точке, нагреваемой до 1350 °С.

На рисунках обязательно обозначают отдельный график, термический цикл, положение изотермы, промежуточные построения. На рис.2 допускают использование различных масштабов по оси Х и У.

5 Выполнение и защита работы

По работе выставляется дифференцированная оценка. Задание выдается на 1-й неделе текущего семестра на дополнительном занятии.

Защита курсовой работы предусмотрена за три недели до начала экзаменационной сессии. При защите на комиссии рассматривают проверенную работу, учитывают замечания.

В критерии оценки включают: своевременность получения задания и сдачи работы; посещение консультаций; качество ответов на защите, общий уровень знаний по дисциплине.

Приложение А

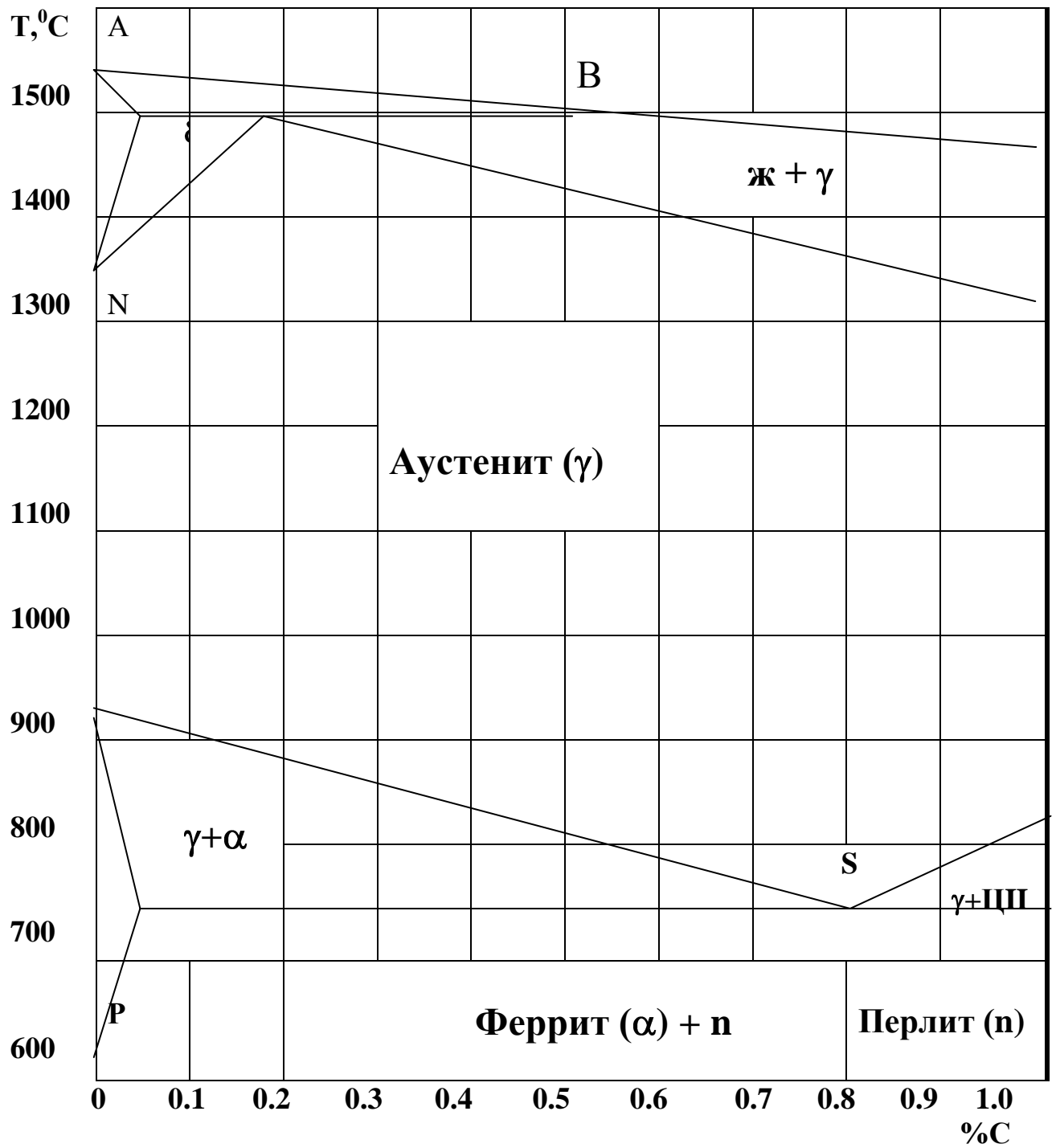
Теплофизические константы металлов и сплавов, рекомендуемых для расчетов

Материал	Темпера- тура плав- ления, °С	Коэффи- циент теплопро- водности λ , Вт/м·К	Объемная теплоем- кость $c_v \cdot 10^6$, Дж/м ³ ·К	Коэффици- ент темпе- ратуропро- водности $\alpha \cdot 10^{-6}$, м ² /с
Низкоуглеродистые и низколегированные стали	1500	41,9	4,8	8,7
Нержавеющие аустенитные стали	1500	25,1	4,2	6,0
Медь	1100	376,0	3,9	96,0
Сплавы алюминия	650	251,2	2,7	93,0
Технический титан	1660	16,7	3,3	5,0

Примечание: Для учебного расчета для всех материалов рекомендует-
ся принимать величину коэффициента теплоотдачи $\alpha = 60 \text{ Вт(м}^2\text{град)}$.

Приложение Б

Диаграмма состояния «железо-углерод» (для стали)



Приложение В

Химический состав стали

Но мер п/п	Марка стали	Химический состав, %							
		С	Si	Mn	Cr	Cu	V	Ni	Mo
1	Сталь ВСТЗкп	0,14	0,07	0,30	0,30	0,30	-	0,30	-
2	Сталь ВСтЗпс	0,14	0,05	0,05	0,30	0,30	-	0,30	-
3	Сталь 20 пс	0,17	0,05	0,35	0,25	0,25	-	0,25	-
4	Сталь 35	0,36	0,27	0,66	0,21	0,22	-	-	-
5	Сталь 45	0,44	0,22	0,66	0,15	-	0,02	-	-
6	Сталь 55	0,52	0,17	0,50	0,25	0,25	-	0,25	-
7	Сталь 20Х	0,17	0,17	0,50	0,70	0,30	-	0,30	-
8	Сталь 35Х	0,35	0,23	0,65	1,11	-	-	0,23	-
9	Сталь 40Х	0,36	0,17	0,50	0,70	0,30	-	0,30	-
10	Сталь 45Х	0,44	0,22	0,8	1,04	-	-	0,26	-
11	Сталь 50Х	0,46	0,17	0,50	0,70	0,30	-	0,30	-
12	Сталь 40Г	0,37	0,17	0,70	0,30	0,30	-	0,30	-
13	Сталь 45Г2	0,41	0,17	1,4	0,30	0,30	-	0,30	-
14	Сталь 18ХГТ	0,17	0,17	0,8	1,00	0,30	-	0,30	-
15	Сталь 15 ХФ	0,12	0,17	0,40	0,8	0,30	-	0,30	-
16	Сталь 40ХС	0,37	1,20	0,30	1,30	0,30	-	0,30	-
17	Сталь 35ХМ	0,32	0,17	0,40	0,80	0,30	-	0,30	0,15
18	Сталь 12ХН3А	0,09	0,17	0,3	0,6	0,30	-	0,75	-
19	Сталь 18Х2Н4ВА	0,14	0,17	0,25	1,35	0,30	-	4,0	-
20	Сталь 15ХМ	0,11	0,17	0,4	0,8	0,30	-	0,30	0,40
21	Сталь ШХ15	0,9	0,17	0,2	1,30	0,25	-	0,30	-
22	Сталь 55С2	0,52	1,5	0,20	0,30	0,20	-	0,25	-
23	Сталь У7	0,66	0,17	0,17	0,20	0,25	-	0,25	-
24	Сталь У9А	0,86	0,17	0,17	0,20	0,20	-	0,20	-
25	Сталь У12А	1,16	0,17	0,17	0,20	0,20	-	0,20	-
26	Сталь ХВГ	0,90	0,10	0,80	0,50	0,30	-	0,35	-
27	Сталь Р9	0,85	<0,5	<0,5	3,8	0,4	2,3	0,4	-
28	Сталь Р18	0,73	<0,5	<0,5	3,8	0,5	1,0	0,4	-

Приложение Е

Образец титульного листа

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

**КАФЕДРА «ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ
СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА»**

КУРСОВАЯ РАБОТА

ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕОРИЯ СВАРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ»

Раздел : Тепловые процессы при сварке
Металлургические процессы сварки
Источники сварочного нагрева

ВАРИАНТ _____

Выполнил: ст.группы СП _____
(подпись) Ф.И.О.

Руководитель: _____
(подпись) Ф.И.О.

Краматорск, 2012

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1 Теоретические основы сварки / Под ред. В.В.Фролова.- М.: Высш.шк., 1970.- 592 с.
- 2 Петров Г.Л., Тумарев А.С. Теория сварочных процессов (с основами физической химии). – 2-е изд., перераб. – М.: Высш.шк., 1977.- 392 с.
- 3 Багрянский К.В., Добротина З.А., Хренов К.К. Теория сварочных процессов. – 2-е изд. Перераб.- Киев: Вища школа, 1976.- 424 с.
- 4 Рыкалин Н.Н. Расчеты тепловых процессов при сварке. – М.: Машгиз, 1951. – 296 с.
- 5 Попов А.А., Попова Л.Е. Изотермические и термокинетические диаграммы распада переохлажденного аустенита: Справочник термиста.- 2-е изд., перераб.- М.: Металлургия, 1965. – 495 с.
- 6 Теория сварочных процессов: Учеб. для вузов по спец. «Обустройство и технология сварочн. пр-ва» / В.Н.Волченко, В.М.Ямпольский, В.А. Винокуров и др.; Под.ред В.В.Фролова. – М.: Высш.шк., 1988. - 559 с.
- 7 Лебедев Б.Д. Розрахунки в теорії зварних процесів: Навч.посібник .- К.: НМК ВО, 1992. – 320 с.
- 8 Атлас диаграмм изотермического образования и распада аустенита различных конструкционных, инструментальных и штамповых сталей. / Белкин М.Я. – Краматорск. – 1988. – 120 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к курсовой работе по дисциплине «Теория сварочных процессов»

для студентов специальности 6.050504

«Технология и оборудование сварки»

всех форм обучения

Составитель Александр Андреевич Богуцкий

Редактор Нелли Александровна Хахина

23/2002. Подп. в печ.

Формат 60x84 1/46

Офсетная печать. Усл.печ.л.

Уч.-изд.л.

Тираж

ДГМА. 84313, г. Краматорск, ул.Шкадинова,72