МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Курганский государственный университет»

Кафедра «Инноватика и менеджмент качества»
секция «Технология и автоматизация сварочного производства»

ТЕОРИЯ СВАРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ

Методические указания
к выполнению курсовой работы
«Расчет термодинамических параметров реакций,
протекающих в сварочной ванне, и аналитические методы
расчета процессов распространения тепла
в свариваемых телах различной формы»
для студентов специальности 150202 и направления подготовки
150700.62 «Машиностроение»
(профиль «Оборудование и технология сварочного производства»)

Курган 2013

Кафедра: «Инноватика и менеджмент качества»

Секция: «Технология и автоматизация сварочного производства»
(специальность 150202.65, направление подготовки 150700.62)

Составил: канд. техн. наук, доцент Т. П. Сорогина

Утверждены на заседании кафедры «28» августа 2012 г.

Рекомендованы методическим советом университета «11» октября 2013 г.

ВВЕДЕНИЕ

Курсовая работа состоит из трех заданий: №1, №2, № 3.

В процессе выполнения задания №1 студенты должны приобрести навыки расчетов термодинамических параметров реакций, протекающих в сварочной ванне или в зоне электрической дуги. Используя полученные расчетом величины, в частности, значения константы равновесия, установить направление изучаемой реакции в зависимости от температуры.

Предлагаемые к выполнению задания №2 и №3 позволяют студентам ознакомиться со всей сложностью протекающих при сварке тепловых процессов и влияния на них технологических и других факторов, научиться практическому применению аналитических методов расчета процессов распространения тепла в свариваемых телах различной формы. Приобретенные навыки расчета тепловых процессов применительно к конкретным условиям сварки позволят специалисту полнее ориентироваться в вопросах оптимизации технологии сварки, в оценке и прогнозировании качества сварных соединений.

ЗАДАНИЕ №1

Определить константу равновесия и направление реакции, протекающей в сварочной ванне или в зоне электрической дуги в зависимости от температуры.

Варианты заданий представлены в приложении к заданию №1. Для решения поставленной задачи используются экспериментальные зависимости теплоемкостей реагирующих веществ от температуры, а также значения энтальпий образования ΔH^0_{298} и энтропий S^0_{298} этих реакций. Термодинамические параметры исходных веществ обозначены индексами (И.В. 1,2), продуктов реакций – (П.Р. 1,2). При расчетах учитываются стехиометрические коэффициенты.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ

1) связь константы равновесия с термодинамическими величинами дает возможность вычислить ее по термодинамическим данным, используя уравнение

$$\ln Kp = \int \frac{\Delta H_T}{RT^2} dT + J, \qquad (1)$$

где R – газовая постоянная, T – температура, J – постоянная интегрирования, ΔH_T – энтальпия при любой температуре.

Как видно из уравнения (1), для вычисления значения InКр при любой температуре необходимо определить ΔH_T и константу интегрирования J .

2) уравнение для вычисления энтальпии при любой температуре имеет вид

$$\Delta H_T = \Delta H_0 + \int_0^T \Delta C_P \, dT. \qquad (2)$$

3) определим энтальпию при T=0. Для этой цели воспользуемся уравнением (2).

$$\Delta H_{298}^{C} = \Delta H_0 + \int_0^{298} \Delta C_P \, dT, \qquad (3)$$

откуда

$$\Delta H_0 = \Delta H_{298}^0 - \int_0^{298} \Delta C_P \, dT \qquad (4)$$

Изменение теплоемкости ΔC_P определяется путем вычитания из суммы теплоемкостей продуктов реакции суммы теплоемкостей исходных веществ. Для расчета теплоемкости служит уравнение

$$\Delta C_p = \Delta a_0 + \Delta a_1 \cdot 10^{-3} \cdot T + \Delta a_2 \cdot 10^{-5} \cdot T^2, \qquad (5)$$

где

$\Delta a_0 = a_{0\ п.р.1} + a_{0\ п.р.2} - a_{0\ и.в.1} - a_{0\ и.в.2}$,

$\Delta a_1 = a_{1\ п.р.1} + a_{1\ п.р.2} - a_{1\ и.в.1} - a_{1\ и.в.2}$,

$\Delta a_2 = a_{2\ п.р.1} + a_{2\ п.р.2} - a_{2\ и.в.1} - a_{2\ и.в.2}$,

(a_0 , a_1, a_2 – коэффициенты, определяемые по таблице 1).

Энтальпия реакции определяется следующим образом:

$$\Delta H_{298}^0 = \Delta H_{298\ п.р.1}^0 + \Delta H_{298\ п.р.2}^0 - \Delta H_{298\ и.в.1}^0 - \Delta H_{298\ и.в.2}^0.$$

Из уравнения (4) определим ΔH_0

$$\Delta H_0 = \Delta H_{298}^0 - \left(\Delta a_0 \cdot T + \frac{\Delta a_1}{2} \cdot 10^{-3} \cdot T^2 + \frac{\Delta a_2}{3} \cdot 10^{-5} \cdot T^3\right) = \Delta H_{298}^0 - \Delta a_0 \cdot 298 - \frac{\Delta a_1}{2} \cdot 10^{-3} \cdot 298^2 - \frac{\Delta a_2}{3} \cdot 10^{-5} \cdot 298^3.$$

4) составим уравнение для вычисления теплового эффекта при любой температуре

$$\Delta H_т = \Delta H_0 + \int_0^{T} \Delta C_p dT = \Delta H_0 + \Delta a_0 \cdot T + \frac{\Delta a_1}{2} \cdot 10^{-3} \cdot T^2 + \frac{\Delta a_2}{3} \cdot 10^{-5} \cdot T^3 . \qquad (6)$$

5) с учетом зависимости (6) выражение для определения константы равновесия (I) приобретает вид

$$\ln K_p = \frac{1}{R} \int \frac{\Delta H_т}{T^2} dT = \frac{1}{R} \int \left(\Delta H_0 + \Delta a_0 \cdot T + \frac{\Delta a_1}{2} \cdot 10^{-3} \cdot T^2 + \frac{\Delta a_2}{3} \cdot 10^{-5} \cdot T^3\right) \frac{dT}{T^2} = -\frac{\Delta H_0}{RT} + \frac{\Delta a_0 \ln T}{R} + \frac{\Delta a_1 \cdot 10^{-3} \cdot T}{2R} + \frac{\Delta a_2 \cdot 10^{-5} \cdot T^2}{6R} + \frac{J}{R}. \qquad (7)$$

Учитывая, что R=1,987 кал/моль, а коэффициент перехода от натуральных логарифмов к десятичным равен 2,303 , запишем уравнение (7) следующим образом:

$$\mathrm{Iq}\,К_р = -\frac{\Delta H_0}{1{,}987\cdot 2{,}303\cdot T} + \frac{\Delta a_0 \ln T}{1{,}987\cdot 2{,}303} + \frac{\Delta a_1\cdot 10^{-3}\cdot T}{2\cdot 1{,}987\cdot 2{,}303} + \frac{\Delta a_2\cdot 10^{-5}\cdot T^2}{6\cdot 1{,}987\cdot 2{,}303} + J', \qquad (8)$$

где

$$J' = \frac{J}{R}$$

6) для определения J' воспользуется уравнением

$$\ln K_p = -\left(\frac{\Delta H^0_{298} - T\cdot\Delta S^0_{298}}{RT}\right) \qquad (9)$$

где

$\Delta S^0_{298} = \Delta S^0_{298\,п.р.1} + \Delta S^0_{298\,п.р.2} - \Delta S^0_{298\,и.в.1} - \Delta S^0_{298\,и.в.2}$

(значения S^0_{298}, таблицу 1).

Тогда

$$\mathrm{l}q\,К_р = -\left(\frac{\Delta H^0_{298} - 298\cdot\Delta S^0_{298}}{1{,}987\cdot 2{,}303\cdot 298}\right). \qquad (10)$$

Подставим в уравнение (8) значение $\mathrm{lq}\,K_{p298}$ и T = 298°, определим J'.

7) с помощью уравнения (8) определить значение $\ln K_p$ при температурах в интервале 298 - 3500°К (через 500°), по этим значениям построить кривые в координатах " lgKp – T " и установить направление реакции в зависимости от температуры.

Таблица 1 – Варианты заданий

Вещества	a_0	a_1	a_2	ΔH^0_{298}	ΔS^0_{298}
№ 1 $2CO_2 = 2CO + O_2$					
№ 2 $2H_2O = 2H_2 + O_2$					
H_2	6,52	0,78	0,12	0	31,2
O_2	7,16	1	-0,40	0	49,02
H_2O	7,3	2,46	0	-57800	45,13
№ 3 $CO_2 + H_2 = CO + H_2O$					
CO_2	10,57	2,1	-2,06	-94050	51,1
H_2	6,52	0,78	0,12	0	31,2
CO	6,79	0,98	-0,11	-26400	47,3
H_2O	7,9	2,46	0	-57800	45,13
№ 4 $2CO = C + CO_2$					

Продолжение таблицы 1

C	4,03	1,14	-2,04	0	1,361
CO_2	10,57	2,1	-2,06	-94500	51,1
CO	6,79	0,98	-0,11	-26400	47,3
№ 5 $2CO = 2C + O_2$					
C	4,03	1,14	-2,04	0	1,361
O_2	7,16	1,00	-0,40	0	49,02
CO	6,79	0,98	-0,11	-26400	47,3
№ 6 $CO_2 = C + O_2$					
C	4,03	6, 14	-2,04	0	1,361
0_2	7,16	1,0	-0,4	0	49,02
CO_2	10,57	2,1	-2,06	-94050	51,1
№ 7 $C + 2H_2O = C0_2 + 2H_2$					
C	4,03	1,14	-2,04	0	1,361
H_2O	7,3	2,46	0	-57800	45,13
CO_2	10,57	+2,1	-2,06	-94050	51,1
H_2	6,52	0,78	0,12	0	31,2
№ 8 $CaCO_3=CaO+CO_2$					
$CaCO_3$	24,98	5,24	-6,2	-288400	22,2
CaO	11,67	1,08	-1,56	-I5I500	9,5
CO_2	10,57	2,1	-2,06	-94050	51,1
№ 9 $MgCO_3=MgO+CO_2$					
MgCO	18,62	13,80	-4,16	-262000	15,7
MgO	10,18	1,74	-1,48	-I43700	6,55
CO_2	10,57	2,1	-2,06	-94050	51,1
№ 10 $3Fe_2O_3=2Fe_3O_4 + \frac{1}{2}O_2$					
Fe_2O_3	23,49	18,6	-3,55	-196300	20,9
Fe_3O_4	21,88	48,2	0	-266900	36,2
O_2	7,16	1,00	-0,40	0	49,02
№ 11 $Fe_3O_4=3FeO+\frac{1}{2}O_2$					
Fe_3O_4	21,88	48,2	0	-266900	36,2
FeO	11,66	2,0	-0,67	-63200	14,05
O_2	7,66	1,00	-0,40	0	49,02
№ 12 $FeO=Fe+\frac{1}{2}O_2$					

Продолжение таблицы 1

F_eO	11,66	2,0	-0,67	-63200	14,05
Fe	3,04	7,58	0,6	0	64,9
O_2	7,16	1,00	-0,40	0	49,02
№ 13 $FeS=Fe+\frac{1}{2}S_2$					
FeS	5,19	26,4	0	-22900	14,53
Fe	3,04	7,58	0,6	0	64,9
S_2	8,72	0,16	-0,90	31000	54,4
№ 14 $3\ Fe_2O_3+CO=3\ Fe_3O_4+\ CO_2$					
Fe_2O_3	23,49	18,6	-3,55	-196300	20,9
CO	6,79	0,93	-0,11	-26400	47,3
Fe_3O_4	21,88	48,2	0	-266900	36,2
CO_2	10,57	2,1	-2,06	-94050	51,1
№ 15 $Fe_3O_4+CO=Fe+\ CO_2$					
Fe_3O_4	21,88	48,2	0	- 266900	36,2
CO	6,79	0,98	-0,11	-26400	47,3
FeO	11,66	2,0	-0,67	-63200	14,05
CO_2	10,57	2,1	-2,06	-94050	51,1
№ 16 $FeO+CO=Fe+\ CO_2$					
FeO	11,66	2,0	-0,67	-63200	14,05
CO	6,79	0,93	-0,11	-26400	47,3
Fe	3,04	7,58	0,6	0	64,9
CO_2	10,57	2,1	-2,06	-94050	51,1
№ 17 $SiO_2=Si+\ O_2$					
Si	6,65	0,80	-1,0	0	4,5
O_2	7,16	1,00	-0,40	0	49,02
SiO_2	11,22	8,2	-2,7	- 210200	10,0
№ 18 $2MnO=2Mn+O_2$					
Mn	5,7	3,38	-0,375	0	7,6
O_2	7,16	1,00	-0,40	0	49,02
MnO	11,11	1,94	-0,88	-92500	14,27
№ 19 $TiO_2=Ti+O_2$					
Ti	4,79	3,83	0	0	7,3
O_2	7,16	1,00	-0,40	0	49,02
TiO_2	17,21	1,08	-3,59	- 225500	12,0

Продолжение таблицы 1

№ 20 $2\ Al_2O_3=4Al+3O_2$					
Al	4,94	2,96	0	0	6,77
O_2	7,16	1,00	-0,40	0	49,02
Al_2O_3	27,49	2,82	-8,38	- 400000	12,2
№ 21 $2\ Cr_2O_3=4Cr+3O_2$					
Cr	4,16	3,62	0,3	0	5,68
O_2	7,16	1,00	-0,40	0	49,02
Cr_2O_3	28,53	2,2	-3,736	- 268900	19,4
№ 22 $V_2O_5= V_2O_3+O_2$					
V_2O_5	46,54	-3,9	-13,22	-371800	31,3
V_2O_3	29,35	4,76	-5,42	-294000	23,5
O_2	7,16	1,0	-0,4	0	49,06
№ 23 $V_2O_5 = 2V + \frac{5}{2}O_2$					
V_2O_5	46,54	-3,9	-13,22	-371800	31,3
V	5,4	2,0	0	0	7,0
O_2	7,16	1,0	-0,4	0	49,06
№ 24 $MgO=Mg+\frac{1}{2}O_2$					
MgO	10,18	1,74	-1,48	-143700	6,44
Mg	5,33	2,45	-0,103	0	2,77
O_2	7,16	1,00	-0,4	0	49,06
№ 25 $CaO = Ca + \frac{1}{2} O_2$					
CaO	11,86	1,08	-1,56	-I5I500	9,5
Ca	5,31	3,33	0	0	9,95
O_2	7,16	1,0	-0,4	0	49,06
№ 26 $Na_2O = 2Na + \frac{1}{2} O_2$					
Na_2O	15,7	5,4	0	- 100700	17,0
Na	5,0	5,36	0	0	12,3
O_2	7,16	1,0	-0,4	0	49,06
№ 27 $Fe_4N=4Fe+\frac{1}{2}N_2$					
Fe_4N	26,84	8,16	0	-2600	37,3
Fe	4,18	5,92	0	0	6,49
N_2	4,97	0	0	0	45,77

Продолжение таблицы 1

№28 FeSi=Fe+Si					
FeSi	10,72	4,30	0	-19200	12,0
Fe	4,18	5,92	0	0	6,49
Si	5,76	0,56	-1,09	0	4,5
№ 29 $P_2O_5=2P+\frac{5}{2}O_2$					
P_2O_5	8,37	54,0	0	-370000	32,5
P	4,74	3,90-	0	-4400	5,46
O_2	7,16	1,00	-0,40	0	49,06
№ 30 $CaC_2=Ca+2C$					
CaC_2	16,40	2,84	-2,07	14100	16,8
Ca	1,5	7,74	2,5	0	9,96
C	4,0	1,02	-2,0	0	1,361
№ 31 $CaO=Ca+\frac{1}{2}O_2$					
CaO	11,54	2,04	0,4	-57100	12,65
Ca	1,5	7,74	-2,5	0	9,96
O_2	7,16	1,0	-0,40	0	49,06
№ 32 Mn+FeO=MnO+Fe					
Mn	6,16	3,81	0	0	7,6
FeO	12,38	1,62	-0,38	-64300	13,4
MnO	11,11	1,94	-0,88	-92000	14,3
Fe	4,18	5,92	0	0	6,49
№ 33 $2FeO+Si=SiO_2+2Fe$					
FeO	12,38	1,62	-0,38	64300	13,4
Si	5,76	0,56	-1,09	0	4,5
SiO_2	11,22	8,2	-2,7	-210200	10,0
Fe	4,18	5,92	0	0	6,49
№ 34 $2MnO+Si=SiO_2+2Mn$					
MnO	11,11	1,94	-0,88	-92000	14,3
Si	5,76	0,56	-1,09	0	4,5
SiO_2	11,22	8,2	-2,7	-210200	10,0
Mn	5,16	3,81	0	0	7,6

ЗАДАНИЕ № 2

Автоматической сваркой под флюсом производится приварка шпилек диаметром d к листу из низкоуглеродистой стали толщиной 40 мм (рисунок 2.1). Значения параметров режима сварки J , Uд, время сварки t и диаметра шпилек d для заданного варианта приведены в таблице 2. При этом принять эффективный КПД дуги $\eta = 0{,}9$, теплофиэические константы: $\lambda = 0{,}4$ дж/см с град, Ср = 5 дж/см^3 град и а = 0,08 см^2/сек как для материала листа, так и стержня. Исходная температура пластины и шпильки перед их сваркой Тн = =20°С.

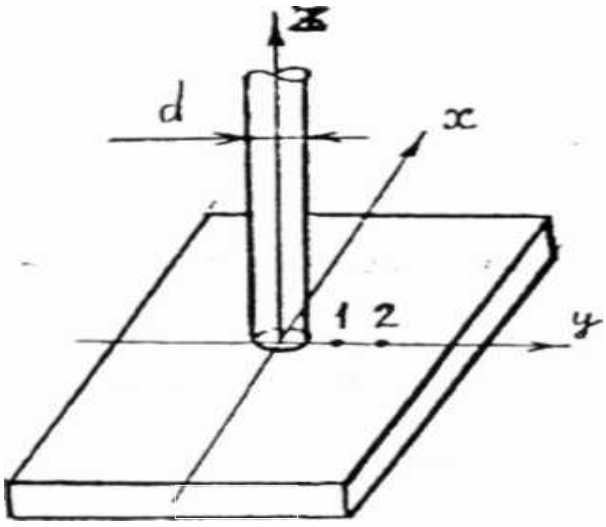

Рисунок 1 – Схема эксперимента

Задачи:

1) рассчитать и отразить графически изменение температуры T=f (R,t) в точках 1 и 2, находящихся от центра приложения источника тепла на расстояниях R_1 и R_2 соответственно.

2) определить глубину проплавления листа в месте приложения источника и дать оценку тепловой эффективности процесса проплавления.

3) Рассчитать и отразить графически распределение температуры по длине привариваемой шпильки к концу процесса сварки и определить длину расплавляемой части шпильки.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

К задаче 1

Сначала необходимо определить эффективную теплоту источника, вводимую в пластину и шпильку в течение времени его действия. Затем с учетом формы и размеров свариваемых тел, характера ввода и распространения тепла выбрать расчетные схемы процессов распространения теплоты в свариваемых телах.

Применительно к пластине, рассматривая ее как массивное тело и используя соответствующую расчетную схему процесса распространения тепла, рассчитать в точках 1 и 2 (рисунок 1) изменение температуры $T=f(R_1,t)$ и $T=f(R_2,t)$. Рассчитанные температуры в заданных точках в процессе нагрева и охлаждения отразить на графике в координатах ($\Delta T - t$).

К задаче 2

Рассматривая пластину как массивное тело, по соответствующему уравнению процесса распространения тепла найти расстояние до изотермы с температурой, равной температуре плавления низкоуглеродистой стали (Тпл = 1500^0С), определить искомую глубину проплавления пластины, объем расплавленной массы металла и ее теплосодержание. На основе этих расчетов дать оценку тепловой эффективности процесса проплавления пластины через полный КПД процесса проплавления ($\eta_{пр}$) и термический КПД (η_t).

К задаче 3

Распределение температуры по длине шпильки $T=f(x,t)$ к концу процесса сварки (время сварки *t* – согласно заданному варианту) по выбранной расчетной схеме можно рассчитывать без учета поверхностной теплоотдачи и нагрева шпильки омическим теплом от проходящего тока. Это допущение возможно вследствие кратковременного процесса нагрева и относительно малого диаметра шпильки. Рассчитанные температуры точек, расположенных непосредственно а плоскости торца привариваемой шпильки (X=0) и далее по ее длине (X>0), занести в таблицу и представить графически в координатах: температура (T°C) – расстояние от торца шпильки (X, см). По полученному графику распределения температуры по длине шпильки к концу процесса сварки (*t*) определить длину расплавленной части.

Таблица 2 – Варианты к заданию №2

№ варианта	Диаметр стержня d, мм	Сварочный ток J, А	Напряжение $U_д$, В	Время сварки t, с	R1, см	R2, см
1	12	700	34	1,0	0,7	0,9
2	10	600	32	1,0	0,6	0,8
3	8	520	30	1,0	0,5	0,7
4	8	550	32	0,8	0,7	0,9
5	6	470	30	0,6	0,5	0,7
6	5	300	28	0,8	0,3	0,5
7	10	560	34	1,0	0,8	1,0
8	8	500	30	1,0	0,6	0,3
9	6	400	28	1,0	0,4	0,6
10	5	320	30	0,7	0,35	0,5
11	12	800	35	1,6	0,8	1,0
12	10	700	34	1,0	0,8	1,0
13	8	600	32	1,0	0,7	0,9
14	9	650	32	0,9	0,7	0,9
15	7	550	30	0,8	0,6	0,8

ЗАДАНИЕ №3

На поверхность пластины (рисунок 2) толщиной 30 мм производится наплавка валика под слоем флюса. Предварительные нагрев пластины производится до температуры 200°С. Режим наплавки: J = 900 А, U = 32 В, Vн = 40 м/час. Принятые теплофизические коэффициенты: λ = 0,4 дж/см сек град, ср = 4,9 лд/см^3 град, а =0,1 см^2/сек. Принять температуру окружающей среды, равной 20° С, а коэффициент полной теплоотдачи $\alpha = 2*10^{-3}$ дж/см^2 сек град.

Задачи:

I Определить, какую температуру будет иметь точка А околошовной зоны (рисунок 2), расположенное от оси шва на расстоянии R= 3,5 см, через время t_1, t_2, t_3 с момента прохождения дугой точки О по направлению оси Х.

2 Определить, через какое время *а* точке А будет достигнута максимальная температура нагрева (T_{max}).

3 Определить область нагрева околошовной зоны до температур, превышающих критическую температуру А для заданной марки стали в соответствии с назначенным вариантом.

Таблица 3 – Варианты к заданию № 3

№ варианта	t_1 (сек)	t_2 (сек)	t_3 (сек)	Марка стали
1	5	10	20	15
2	8	12	23	50
3	10	15	30	40Г2
4	6	13	35	45Х3
5	9	20	40	35СГ
6	11	25	50	30Г2М
7	13	30	60	15Х2Н2
8	7	14	70	50ХСМ
9	12	34	80	16ГНМ
10	15	40	90	40ХГШ
11	5	10	20	35
12	8	12	23	20Г
13	9	14	29	35Х
14	5	12	34	40Н
15	16	18	38	20ХГ

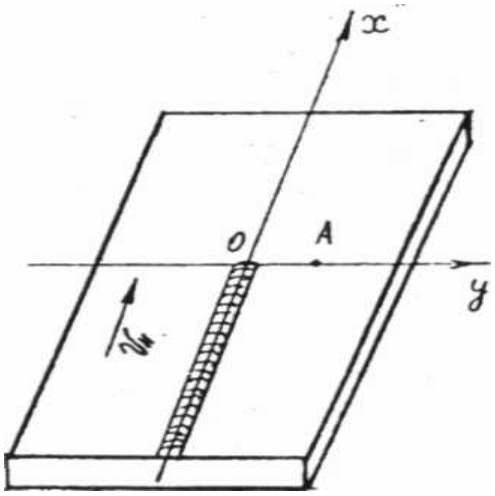

Рисунок 2 – Схема эксперимента

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

К задаче 1

Рассчитать тепловую мощность источника. Выбрать расчетную схему процесса распространения тепла и, вводя формулу заданные значения t_1, t_2, t_3, определить искомые температуры T=f(R,t) .

К задачам 2 и 3

По литературным источникам [1; 3; 5] ознакомиться с методами определения максимальной температуры нагрева в точках околошовной зоны и времени ее достижения, а так же с методами определения ширины зоны термического влияния применительно к выбранной расчетной схеме процесса распространения теплоты и произвести соответствующие расчеты. При этом необходимо учесть, что при свободном охлаждении предварительно нагретой пластины на воздухе ее температуру по истечении времени можно рассчитывать без учета тепловложения от источника нагрева при сварке, а затем на основе наложения (суперпозиции) суммировать ее с температурой от воздействия сварочного источника. Для определения области нагрева произвести расчет и построить изотерму с температурой A_{C3} для заданной марки стали.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Фролов, В. В. Теоретические основы сварки [Текст] / В. В. Фролов. – М. : Высшая школа, 1970. – 501 с.

2 Крестовников, А. Н. Справочник по расчетам равновесий металлургических реакций [Текст] / А. Н. Крестовников [и др.]. – М. : Металлургиздат, 1963. – 198с.

3 Багрянский, К. В. Теория сварочных процессов [Текст] / К. В. Багрянский, З. А. Добротина, К. К. Хренов. – Киев : Издательское объединение «Вища школа», 1976. – 424 с.

4 Попов, А. А. Справочник термиста. Изотермические и термокинетические диаграммы распада переохлажденного аустенита [Текст] / А. А. Попов, А. Е. Попова. – М. : ГОСНТИ Машиностроительной литературы, 1961. – 372 с.

5 Волченко, В. Н. Теория сварочных процессов : учебник для вузов / В. Н. Волченко [и др.] ; под ред. В. В. Фролова. – М. : Высшая школа, 1988. – 559 с.

Сорогина Татьяна Петровна

ТЕОРИЯ СВАРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ

Методические указания
к выполнению курсовой работы
«Расчет термодинамических параметров реакций,
протекающих в сварочной ванне, и аналитические методы
расчета процессов распространения тепла
в свариваемых телах различной формы»
для студентов специальности 150202 и направления подготовки
150700.62 «Машиностроение»
(профиль «Оборудование и технология сварочного производства»)

Редактор Е. А. Могутова

Подписано в печать26.11.13	Формат 60x84 1/16	Бумага тип №1
Печать трафаретная	Усл.печ.л. 1,0	Уч.-изд.л. 1,0
Заказ 194	Тираж 25	Цена свободная

РИЦ Курганского государственного университета.
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.
Курганский государственный университет.