



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)**

Факультет «Технология машиностроения»

Кафедра «Машины и автоматизация сварочного производства»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторной работе по дисциплине
«Теория сварочных процессов»

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕПЛОМОЩНОСТИ
СВАРОЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛА
КАЛОРИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

Ростов-на-Дону, 2022

I. Цель работы

1. Овладеть методикой определения эффективной тепломощности сварочных источников тепла калориметрическим методом.
2. Вычислить эффективный к.п.д. процесса нагрева изделия при сварке.
3. Выяснить причины, влияющие на величину эффективного к.п.д.

II. Общее положение

Процесс сварки сопровождается местным нагревом изделия до высоких температур. Тепловое воздействие на металл вызывает изменения состояния металла (агрегатные и фазовые), обуславливает протекание химических и физико-химических процессов.

Околошовная зона в процессе сварки подвергается действию определенного термического цикла, т. е. нагревается до некоторой максимальной температуры, а затем за счет теплопроводности и теплоотдач во внешнюю среду охлаждается.

Скорость нагрева и охлаждения, а также максимальные температуры, различны для участков тела, находящихся на различных расстояниях от оси шва, и в значительной мере зависят от свойств применяемого источника тепла, свойств материала и условий сварки.

Одним из важнейших показателей, характеризующих тепловые свойства источника тепла (в частности электрической дуги), является полная тепломощность q .

Полная тепломощность источника тепла – это количество тепла, выделяемое источником в единицу времени. Она выражается в Дж/с.

От полной тепломощности отличают эффективную тепломощность нагрева изделия - q_u .

Эффективной тепломощностью называется количество тепла, передаваемое источником тепла нагреваемому телу в единицу времени.

Очевидно, что эффективная тепломощность меньше, чем полная тепломощность, т. к. нагреваемое тело воспринимает только часть тепла, выделяемого источником:

$$q_u = \eta_u \cdot q, \quad (1)$$

Коэффициент η_u , показывающий какая часть тепла, выделяемая источником нагрева, воспринимается изделием, называется эффек-

тивным к.п.д нагрева изделия. Численные значения η_u зависят от свойств источника тепла и условий нагрева (см. табл. 1).

Полную тепломощность можно рассчитать по формуле

$$q = U_d \cdot I_d, \text{ Дж/с} \quad (2)$$

где U_d - напряжение дуги, В;

I_d - ток дуги, А.

Эффективный к.п.д η_u можно определить из уравнения (1):

$$\eta_u = \frac{q_u}{q}$$

Эффективную тепломощность можно определить экспериментально с помощью калориметра (рис. 1).

Калориметр позволяет непосредственно измерить теплосодержание тела (образца), внесенного в калориметрический сосуд. Зная теплосодержание образца, можно путем расчета решить интересующую нас задачу – определить эффективную тепломощность источника тепла, нагревавшего образец. Принцип определения эффективной тепломощности источника тепла заключается в том, что образец, нагревавшийся в течение известного времени исследуемым источником тепла, вносится в калориметрический сосуд, и по наблюдаемому повышению температуры воды в сосуде рассчитывается (с учетом потерь) теплосодержание образца после нагрева (точнее – приращение теплосодержания образца в результате нагрева).

Приращение теплосодержания определяется по формуле:

$$\Delta Q = g \cdot C \cdot (T_2 - T_1), \text{ Дж} \quad (3)$$

где g – вес тела (образца) после нагрева, г;

C – удельная весовая теплоемкость образца, Дж/г·°С;

T_1 – температура тела (образца) до нагрева, °С;

T_2 – температура тела (образца) после нагрева, °С.

Так как в калориметре имеются материалы с различными значениями удельной весовой теплоемкости, то приращение их теплосодержания приходится учитывать отдельно. Поэтому приращение теплосодержания калориметра определяется по формуле:

$$\Delta Q_{\text{кал}} = (g_v \cdot C_v + g_l \cdot C_l + g_{\text{обр}} \cdot C_{\text{см}})(T_2 - T_1), \quad (4)$$

где g_v – вес воды в калориметрическом сосуде, г;

g_l – вес латунных частей калориметра, г;

$g_{\text{обр}}$ – вес погруженной в воду части образца, г;

C_v – удельная весовая теплоемкость воды, Дж/г·°С;

C_l – удельная весовая теплоемкость латуни, Дж/г·°С;

$C_{ст}$ - удельная весовая теплоемкость стали, Дж/ г·°С.

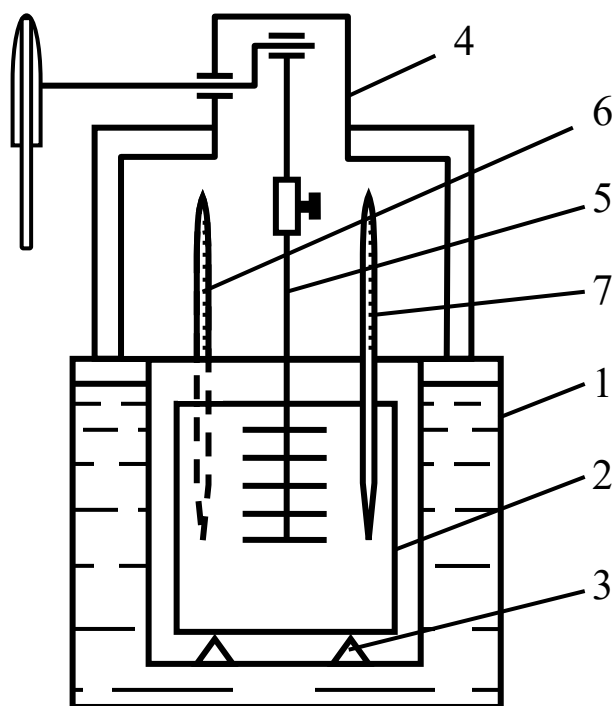


Рис. 1

1. корпус;
2. калориметрический сосуд;
3. теплоизолирующая подставка;
4. кривошипный механизм;
5. мешалка;
6. термометр для измерения температуры воды в корпусе;
7. термометр для измерения температуры воды в калориметрическом сосуде.

Величина $\Delta Q_{кал}$ не определяет полностью количество тепла, внесенного в образец источником тепла. При погружении образца в воду вследствие того, что части его были нагреты до температуры выше 100 °С, произошло испарение воды, на что израсходовалась часть тепла образца $Q_{пар}$, которая должна быть учтена. Кроме того, часть тепла Q_t потеряна образцом вследствие теплоотдачи во время нагрева и во время переноса образца в калориметр.

Следовательно, действительное приращение теплосодержания образца

$$\Delta Q_{обр} = Q_{кал} + Q_{пар} + Q_t, \text{ Дж} \quad (5)$$

где $Q_{кал}$ – тепло, учтенное в калориметре, Дж;

$Q_{пар}$ – тепло, затраченное на парообразование, Дж;

Q_t – тепло, потерянное образцом вследствие теплоотдачи, Дж.

Тепло, затраченное на парообразование $Q_{пар}$, может быть

вычислено по формуле:

$$Q_{пар} = g_{пар} \cdot 2600, \text{ Дж} \quad (6)$$

где $g_{пар}$ – вес испарившейся воды, г;

2600 = (2246+354) Дж/г – удельная теплота парообразования, включая теплоту (354 Дж/г), необходимую для нагрева воды от +15 до +100·°С. $Q_{пар}$ можно определить и по табл. 2.

Тепло, потерянное в связи с теплоотдачей, составляет приблизительно 2% от суммы $\Delta Q_{кал} + Q_{пар}$, т. е.

$$\Delta Q_{обр} = 1,02 \cdot (\Delta Q_{кал} + Q_{пар}), \text{ Дж}$$

или в развернутом виде:

$$\Delta Q_{обр} = 1,02[(T_2 - T_1)(g_v \cdot C_v + g_l \cdot C_l + g_{обр} \cdot C_{ст}) + Q_{нар}] , \quad (7)$$

Эффективная тепловая мощность определяется по формуле:

$$q_u = \frac{\Delta Q_{обр}}{t_n} , \text{ Дж/с} \quad (8)$$

где $\Delta Q_{обр}$ – приращение теплосодержания образца (с учетом потерь), Дж;

t_n – время действия источника тепла на образец, с.

III. Рабочее задание

Определить значения эффективного к.п.д нагрева изделия в зависимости от режима автоматической сварки в среде углекислого газа.

IV. Оборудование, приборы и материалы, необходимые для выполнения работы

1. Калориметр.
2. Автомат для сварки в CO_2 .
3. Запас воды, имеющий температуру помещения.
4. Образцы стальные $(150 \div 200) \times (30 \div 40) \times (6 \div 10)$ мм с хвостовиками, 15 шт.
5. Сварочный пост постоянного тока.
6. Измерительные приборы (вольтметр и амперметр) постоянного тока.
7. Столик для сварки.
8. Секундомер.
9. Весы с разновесами.
10. Штангенциркуль.
11. Линейка стальная.

V. Ход работы

1. Ознакомиться с калориметром и подготовить его к работе.
2. Замерить температуру воды в калориметре. Температура воды замеряется после 1 – 2 мин работы мешалки.
3. Установить образец с хвостовиком на подставку для наплавки (рис. 2) и произвести наплавку валика на образец на предварительно подобранном режиме. Время наплавки 10 – 20 сек. Во время наплавки

валика вести непрерывное наблюдение за приборами в сварочной цепи и записывать среднее значение тока (I_{cp}) и напряжения (U_{cp}).

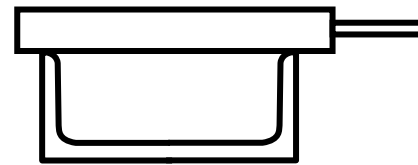


Рис.2

4. После окончания наплавки быстро, но осторожно, взять образец за хвостовик и погрузить его в калориметрический сосуд так, чтобы пластина не мешала работе мешалки.

5. Пустить в ход мешалку.

6. Через 40 сек. после погружения образца остановить мешалку и произвести отсчет температуры T_2 .

7. Вынуть из сосуда термометр.

8. Замерить длину непогруженной в воду части хвостовика.

9. Вынуть, высушить и взвесить образец.

10. Заменить в калориметре воду и проделать указанное в пп. 1 – 9 необходимое число раз (по количеству опытов).

11. Произвести необходимые расчеты, заполнить таблицу, заполнить график зависимости η_u от тока и напряжения.

12. Записать выводы.

VI. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Рабочее задание.
3. Расчетные формулы.
4. Таблица замеров, наблюдений, вычислений.
5. График зависимости η_u от тока и напряжения.
6. Выводы по работе.

VII. Техника безопасности

См. инструкцию по технике безопасности при работе в лаборатории «Теория сварочных процессов».

VIII. Вопросы для самопроверки

1. Что называется общей тепломощностью источника тепла и как она определяется?
2. Что называется эффективной тепломощностью источника тепла?

3. Что называется эффективным к.п.д процесса нагрева?
4. Что такое удельная весовая теплоемкость?
5. Как произвести измерение приращения теплосодержания тела калориметрическим методом?
6. Какие потери тепла имеются при проведении опыта и как они учитываются?
7. Как определяется эффективный к.п.д источника η_u ?

Таблица 1

Значения η_u при различных способах сварки

Способ сварки	Сварка неплавящимся электродом в защитных газах	Сварка плавящимся электродом (электроды со стабилизирующим покрытием)	Сварка плавящимся покрытым электродом	Сварка плавящимся электродом под флюсом	Сварка в CO_2
η_u	0,45÷0,60	0,65÷0,75	0,75÷0,85	0,75÷0,90	0,78÷0,92

Таблица 2

Влияние сварочного тока на потери теплоты при парообразовании

I_d	А	100	200	400
$Q_{пар}$	Дж	1667	2500	3333

Таблица 3

Результаты опытов

№№ опыта	1	2	3	4	5	6
U_d , В						
I_d , А						
$t_{св}$, с						
q , Дж/с						
T_1 , °С						
T_2 , °С						
g_v , Г						
$g_{обр}$, Г						
$Q_{пар}$, Дж						
$\Delta Q_{обр}$, Дж						
η_u , %						

Приложение

Калориметр

1. Сосуд

Материал латунь

Вес 482,7 г

2. Мешалка (погруженная в воду часть)

Материал латунь

Вес 110,4 г

Теплоемкость латуни $c_{\text{л}} = 0,39 \text{ Дж/г}\cdot^{\circ}\text{C}$

Теплоемкость стали $c_{\text{с}} = 0,48 \text{ Дж/г}\cdot^{\circ}\text{C}$

Теплоемкость воды $c_{\text{в}} = 4,17 \text{ Дж/г}\cdot^{\circ}\text{C}$