

№ 604

С.В. Коминов

Метрология, технические измерения и приборы

Лабораторный практикум

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

№ 604

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



Кафедра металлургии стали и ферросплавов

С.В. Коминов

Метрология, технические измерения и приборы

Лабораторный практикум

Рекомендовано редакционно-издательским
советом университета

УДК 681.511.2

К63

Рецензент

канд. техн. наук, доц. *Г.Г. Шапкарина*

Коминов С.В.

К63 Метрология, технические измерения и приборы: Лаб. практикум. – М.: Изд. Дом МИСиС, 2010. – 117 с.

В лабораторном практикуме лабораторные работы изложены по способам измерения технических параметров при производстве черных металлов. Рассматриваются измерения температуры термометрами, термометрами сопротивления и пирометрами излучения, а также измерения расхода газа масс-тензорезисторами, давления, линейных и угловых перемещений, состава металла по температуре ликвидус, активности кислорода, проводится анализ статических и динамических погрешностей измерения, контроля конвертерного процесса по акустическому сигналу. Лабораторные работы реализованы на современном оборудовании с использованием электронных мнемосхем и элементов управления с применением контроллеров и персональных компьютеров. В разработке лабораторных работ принимали участие Астапенко А.Н., Белякова М.Н., Греков Н.Н., Гусев А.А., Казаков С.В., Коминов С.В., Окорков Б.Н., Ронков Л.В., Шаповалова Е.Д., Шестаковский С. А.

Предназначен для бакалавров, магистров направлений «Металлургия», «Автоматизация технологических процессов и производств».

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа 1. Градуировка термоэлектрических термометров.....	4
Лабораторная работа 2. Градуировка тензометрических весов.....	9
Лабораторная работа 3. Градуировка термометра сопротивления...	15
Лабораторная работа 4. Изучение принципа действия и работы переносного потенциометра постоянного тока ПП-63	21
Лабораторная работа 5. Измерение расхода газа	29
Лабораторная работа 6. Изучение работы реостатного измерительного преобразователя	36
Лабораторная работа 7. Изучение устройств контроля положения фурмы кислородного конвертера и наклона дуговой сталеплавильной печи.....	44
Лабораторная работа 8. Устройство и принцип действия магнитоэлектрического гальванометра.....	54
Лабораторная работа 9. Изучение принципа измерения температуры металлическими и полупроводниковыми термометрами сопротивления	64
Лабораторная работа 10. Поверка манометров	69
Лабораторная работа 11. Измерение температуры пирометрами излучения.....	78
Лабораторная работа 12. Определение состава металлола по температуре ликвидус.....	84
Лабораторная работа 13. Моделирование процесса возникновения динамической составляющей погрешности при измерении температуры.....	90
Лабораторная работа 14. Контроль конвертерного процесса по резонансной частоте акустических колебаний.....	96
Лабораторная работа 15. Определение активности кислорода в металле с помощью устройства контроля окисленности стали (УКОС).....	103
Библиографический список	113
Приложения	114

Лабораторная работа 1

ГРАДУИРОВКА ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТЕРМОМЕТРОВ

Цель работы. Определить тип поверяемой термопары, провести ее градуировку, изучить влияние температуры холодных спаев на показания термопары.

1.1. Теоретическое введение

Принцип измерения температуры термопарами основан на явлении Зеебека: в электрической цепи, состоящей из последовательно соединенных разнородных проводников (термоэлектродов), места соединения которых (спаи) имеют различную температуру, возникает термоэлектродвижущая сила (термоЭДС), величина которой зависит от температуры спаев и природы проводников и не зависит от распределения температуры вдоль проводников. Схема термопары представлена на рис. 1.1.

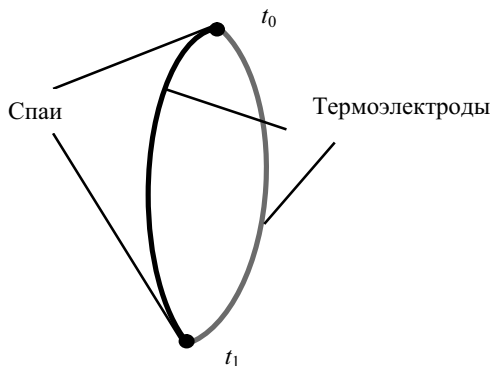


Рис. 1.1. Схема термопары

Для изготовления термоэлектродов промышленных термопар используются платина, сплавы платины с родием, хромель, алюмель, копель, сплавы вольфрама с рением, медь. В целях экономии дорогостоящих сплавов для соединения рабочих (основных) термоэлектродов с измерительными устройствами используются удлинительные термоэлектроды, изготовленные из более дешевых материалов. На

рис. 1.2 показана схема рабочей термопары, а в прил. 1. приводятся характеристики промышленных термопар.

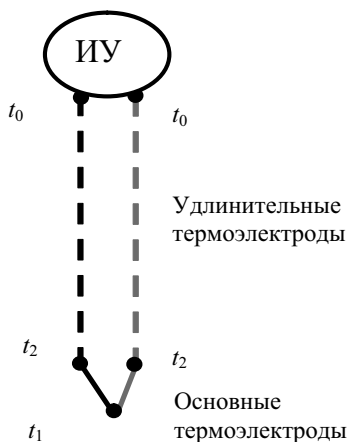


Рис. 1.2. Схема рабочей термопары

Требования к удлинительным термоэлектродам:

- между собой удлинительные термоэлектроды должны развивать такую же термоЭДС, как и рабочие термоэлектроды;
- места соединения рабочих и удлинительных термоэлектродов должны иметь одинаковую температуру.

В качестве измерительного устройства (ИУ) используются технические средства, в которых применяется компенсационный метод измерения, так как термоЭДС, развиваемая термопарой, имеет небольшую величину. Такой метод позволяет исключить влияние сопротивления соединительных проводов на результаты измерения.

1.2. Описание установки

Схема лабораторной установки представлена на рис. 1.3.

В состав установки входят два автоматических потенциометра типа КСП-4:

- № 1, шкала 0...5 мВ, для измерения термоЭДС образцовой термопары ТПП;
- № 2, шкала 0...50 мВ, для измерения термоЭДС поверяемой термопары X_1 или X_2 .

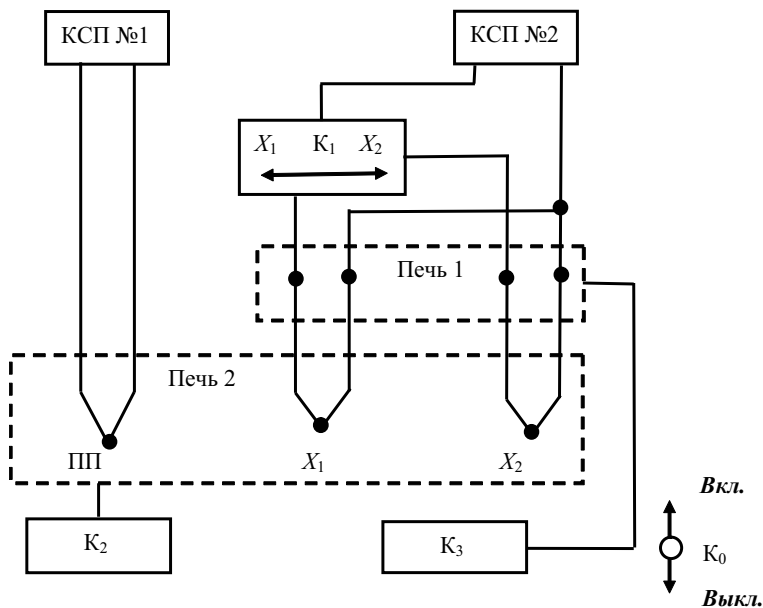


Рис. 1.3. Схема лабораторной установки

Подключение термодпар X_1 и X_2 осуществляется при помощи тумблера K_1 . Холодные спаи термодпар X_1 и X_2 находятся в печи 1, температуру в которой регулируют при помощи реостата (ручка K_3). Горячие спаи термодпар находятся в печи 2, температуру которой регулируют при помощи реостата (ручка K_2).

1.3. Порядок проведения работы

Определение типа термодпары и проведение контрольно-проверочных измерений (опыт 1)

1. Выбрать индивидуальное задание в соответствии с указанием преподавателя (см. табл. 1.2). Значения K_2 внести в табл. 1.1, столбец 2.
2. Включить установку тумблером K_0 , выставить ручки K_1 и K_2 в соответствии с вариантом, а K_3 в положение «0».

После стабилизации температуры (10 мин) снять показания потенциометров и занести в табл. 1.1 (столбцы 3 и 5).

Измерения повторить при других температурах, заданных в варианте (ручка K_2).

Определение влияния температуры холодных концов на результаты измерения (опыт 2)

1. Согласно варианту (см. табл. 1.2) выставить значения K_1 , K_2 , K_3 .

2. После стабилизации температуры (10 мин) снять показания приборов и занести в табл. 1.1 (столбцы 3 и 5).

Измерения повторить для других значений K_2 .

Таблица 1.1

Результаты измерений

№ опыта	K_2	Показания термопары ТПП t_{II}		Показания термопары X_1 или X_2, t_x		Погрешность $\Delta = t_x - t_{II}$	Исправленные значения
		мВ	°С	мВ	°С		
1	2	3	4	5	6	7	8
Опыт 1							
Опыт 2							

1.4. Обработка результатов измерений

1. Определить методом интерполяции значения температуры образцовой термопары ТПП (см. прил. 2) и занести результаты в табл. 1.1 (столбец 4).

2. Определить тип неизвестной термопары X_i (см. прил. 2), методом интерполяции определить значения температуры и занести результаты в табл. 1.1 (столбец 6).

3. Определить погрешность измерения $\Delta = t_x - t_{II}$, а результаты внести в табл. 1.1 (столбец 7).

4. По правилам выявления систематической составляющей погрешности измерений [2, № 4] провести обработку результатов измерений. Исправленные результаты измерений внести в табл. 1.1 (столбец 8).

5. По результатам опыта 1 присвоить класс точности поверяемой термопаре.

6. По заданию преподавателя выполнить расчет измерительной схемы автоматического потенциометра [2, № 6].

Контрольные вопросы

1. Принцип измерения температуры термопарами.
2. С какой целью используются удлинительные термоэлектроды?
3. Сформулируйте требования к материалам для изготовления удлинительных термоэлектродов.
4. Метод измерения, применяемый при измерении температуры термопарами.

Варианты индивидуальных заданий

Таблица 1.2

№ варианта	Положения переключателей					
	K_1	K_2				K_3 для опыта 2
1	X_1	1	3	4	5	1
2	X_1	2	7	8	9	2
3	X_1	3	7	8	10	3
4	X_1	1	4	5	9	4
5	X_1	1	5	7	8	5
6	X_2	1	3	4	9	6
7	X_2	2	7	8	9	7
8	X_2	3	7	8	10	8
9	X_2	1	4	5	9	9
10	X_2	1	5	7	8	10
11	X_1	2	6	8	10	10
12	X_1	1	5	9	10	9
13	X_1	4	6	7	8	8
14	X_1	2	4	5	10	7
15	X_1	5	7	8	9	6
16	X_2	2	6	8	10	5
17	X_2	1	5	9	10	4
18	X_2	4	6	7	8	3
19	X_2	2	4	5	10	2
20	X_2	5	7	8	9	1

Лабораторная работа 2

ГРАДУИРОВКА ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИХ ВЕСОВ

Цель работы. Изучить способы градуировки тензометрических весов при следующих условиях.

Условия проведения градуировки:

- в качестве измерительной схемы используется схема неуравновешенного четырехплечного моста;
- градуировка проводится при одном или двух тензорезисторах, включенных в смежные плечи моста;
- градуировка выполняется при комнатной температуре и повышенной температуре.

2.1. Теоретическое введение

Тензорезисторы – измерительные преобразователи, предназначенные для измерения усилий.

Принцип измерения массы на тензометрических весах основан на *тензоэффекте* – изменение электрического сопротивления проводника под воздействием механического напряжения. Основным показателем, характеризующим явление тензоэффекта, является *коэффициент относительной тензочувствительности*

$$k = \varepsilon_R / \varepsilon_l,$$

где ε_R – относительное изменение электрического проводника под действием деформации, $\varepsilon_R = \Delta R/R$;

ε_l – относительное изменение длины проводника под действием деформации, $\varepsilon_l = \Delta l/l$.

После преобразований получаем

$$k = (1 + 2\nu) + m,$$

где m – коэффициент, учитывающий изменение удельного электрического сопротивления проводника под действием деформации;

ν – коэффициент Пуассона, определяемый как

$$\nu = -\varepsilon_b / \varepsilon_l,$$

здесь ε_b – относительное изменение поперечного размера проводника под действием деформации, $\varepsilon_b = \Delta b/b$.

Для твердых материалов коэффициент Пуассона изменяется в пределах 0,24...0,40. В табл. 2.1 приводятся значения коэффициента относительной тензочувствительности и удельного электрического сопротивления некоторых материалов, применяемых для изготовления тензорезисторов. На рис. 2.1. приводится общий вид тензорезистора.

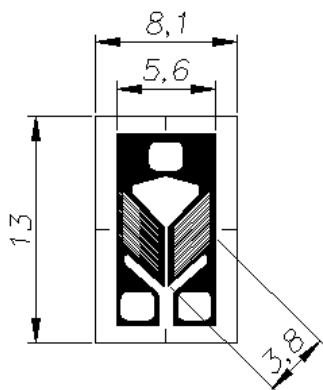


Рис. 2.1. Схема тензорезистора

Таблица 2.1

**Характеристики материалов,
применяемых для изготовления тензорезисторов**

Материал	Состав	k	Удельное электрическое сопротивление $\rho \cdot 10^6, \text{ Ом} \cdot \text{ м}$
Манганин	Cu + Mn(1,5...13,5 %) + Ni(2,5...3,5 %)	2,0	0,40...0,45
Константан	Cu + Mn(1...2%) + Ni(39...41 %) + Fe(0,5 %)	2,0	0,46...0,50
Нихром	Ni(65...70 %) + Cr(10...30 %)	2,0	1,12

Измерение масс на тензометрических весах позволяет вырабатывать электрический сигнал измерительной информации, удобный для передачи в ЭВМ, автоматической обработки, снижения с помощью специальных программ погрешности измерений.

В качестве измерительной обычно используется схема четырехплечного уравновешенного или неуравновешенного моста.

2.2. Описание установки

Принципиальная схема устройства тензовесов представлена на рис. 2.2. На деформируемую металлическую пластину из пружинной