



Министерство образования
Республики Беларусь

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Металлургические технологии»

ПОСТРОЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ОТЛИВКИ (СЛИТКА)

**Методические указания
к выполнению лабораторной работы
по дисциплине «Металлургическая теплотехника
и теплоэнергетика»**

Минск 2006

Кафедра «Металлургические технологии»

ПОСТРОЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО
ПОЛЯ ОТЛИВКИ (СЛИТКА)

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
по дисциплине «Металлургическая теплотехника
и теплоэнергетика»

для студентов специальностей

1-36 01 05 «Машины и технология обработки
материалов давлением»,

1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства»,

1-42 01 01 «Металлургическое производство
и материалообработка»,

1-42 01 02 «Порошковая металлургия, композиционные
материалы, покрытия»

УДК 669.04
ББК 34.3я7
П 63

Составители:

**В.И. Тимошпольский, И.А. Трусова, С.М. Кабишов,
Г.А. Климович, П.Э. Ратников**

Рецензенты:

Б.М. Немененок, А.С. Калиниченко

Лабораторная работа предназначена для закрепления и углубления теоретических знаний, полученных при изучении лекционного материала по курсу «Металлургическая тепло-техника и теплоэнергетика», а также для приобретения практических навыков выполнения теплотехнических измерений и расчетов.

Введение

Целью лабораторной работы является закрепление теоретического материала курса, а также ознакомление студентов с методиками измерений и исследований теплофизических процессов, протекающих в агрегатах металлургического производства. Большое внимание при выполнении лабораторной работы уделяется приобретению студентами навыков ведения самостоятельной научно-исследовательской работы, анализа и обобщения полученных результатов.

Для осмысленного выполнения работы студенты должны предварительно изучить теоретические положения по изучаемому вопросу, методику исследования, принцип работы приборов и оборудования.

Перед началом работы студенты обязаны пройти инструктаж по технике безопасности и расписаться в соответствующем журнале.

Лабораторная работа проводится под руководством преподавателя и инженера.

Студенты, пропустившие лабораторную работу, выполняют ее в конце семестра в дополнительное время по расписанию кафедры. Студенты, не защитившие лабораторную работу в установленный срок, не получают зачет и не допускаются к экзаменам.

ПРАВИЛА ОХРАНЫ ТРУДА И ПРОТИВОПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

При выполнении лабораторных работ необходимо строго соблюдать следующие требования:

1. Лабораторные работы проводятся по подгруппам, не превышающим 12 – 15 человек.

2. Перед выполнением лабораторных работ студенты обязаны ознакомиться с правилами охраны труда и противопожарной безопасности в лаборатории и на рабочих местах, расписаться в журнале регистрации инструктажа по охране труда.

3. Преподаватель, ведущий занятия, обязан перед началом каждой лабораторной работы напомнить студентам о правилах охраны труда и безопасных приемах работы на лабораторном оборудовании.

4. При работе с электрооборудованием студенты обязаны выполнять правила электробезопасности и пользоваться предусмотренными для этой цели защитными средствами.

5. Работать на приборах и оборудовании студенты могут только под наблюдением преподавателя или лаборанта.

6. Студентам запрещается включать приборы и механизмы самостоятельно, без наблюдения преподавателя и лаборанта.

7. Перед проведением испытаний студенты обязаны ознакомиться с работой лабораторного оборудования по настоящему практикуму и соответствующим инструкциям.

8. К лабораторным работам допускаются студенты, овладевшие правилами и порядком их выполнения.

9. По окончании работы следует тщательно убрать свое рабочее место.

Цель работы: построить температурное поле отливки (слитка), определить температурный градиент по сечению отливки (слитка).

Теоретическая часть

Согласно второму закону термодинамики самопроизвольный процесс переноса теплоты в пространстве возникает под действием разности температур и направлен в сторону уменьшения температуры. Таким образом, процесс распространения теплоты в твердом теле всегда связан с распределением температур, которые могут изменяться как по сечению тела, так и во времени. Поэтому основной задачей теории теплопроводности является определение пространственного изменения температуры в отдельных точках тела, т. е. нахождение зависимостей вида $t = f(x, y, z, \tau)$, где x, y, z – координаты точек тела; τ – время.

Температурным полем называется совокупность мгновенных значений температуры во всех точках тела.

Так как температура – скалярная величина, то и температурное поле является скалярным. Оно может быть как стационарным, так и нестационарным.

Если **температурное поле стационарное**, то температуры по сечению тела могут различаться, но не изменяться во времени. Уравнение стационарного температурного поля $t = f(x, y, z)$.

Нестационарное температурное поле отвечает неустановившемуся тепловому режиму, в данном случае с течением времени температура изменяется от одной точки тела к другой, т. е. $t = f(x, y, z, \tau)$.

Температурное поле в зависимости от числа координат может быть одно-, двух- и трехмерным. Уравнение двумерного поля $t = f(x, y, \tau)$, одномерного $t = f(x, \tau)$.

Одномерным полем обладает плоская стенка, у которой длина и ширина считаются бесконечно большими по сравнению с толщиной. Поле будет нестационарным, если стенку с одной стороны нагревать (охлаждать). По истечении длительного времени, когда стенка прогреется, поле превратится в стационарное, так как температура по толщине стенки не будет изменяться со временем.

При любом температурном поле в теле всегда имеются точки с одинаковой температурой. Если их мысленно соединить, то получится поверхность, называемая *изотермической*.

Так как одна и та же точка не может одновременно иметь различные температуры, то изотермические поверхности не пересекаются. Они либо оканчиваются на поверхности тела, либо целиком располагаются внутри его. Пересечение изотермических поверхностей плоскостью дает на этой плоскости семейство изотерм (рис. 1).

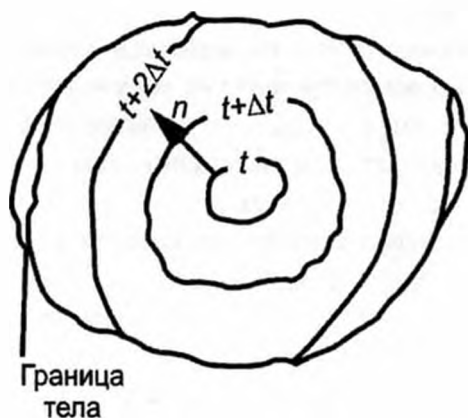


Рис. 1. Пример температурного поля в сечении тела произвольной формы

Температура в теле изменяется только в направлениях, пересекающих изотермические поверхности. При этом наибольший перепад температуры на единицу длины происходит в направлении нормали к изотермической поверхности (рис. 2).

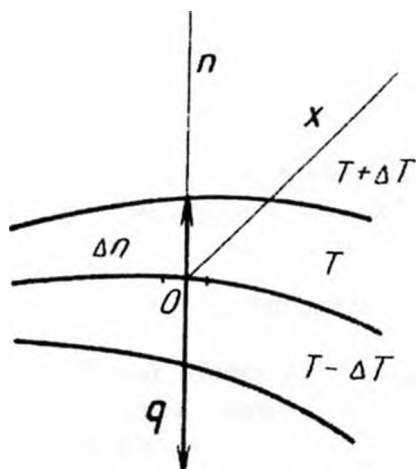


Рис. 2. К определению температурного градиента

Температурный перепад характеризуется градиентом температуры – векторной величиной, направленной в сторону повышения температуры и численно равной производной от температуры по этому направлению, т. е.

$$\text{grad } t = \lim_{\Delta n \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta T}{\Delta n} \right),$$

где $\Delta T = (T_2 - T_1)$ – изменение температуры; Δn – расстояние по нормали между соседними изотермами.

Из рассмотрения двух изотерм с температурами t и $(t + \Delta t)$ можно сделать вывод, что в конкретной точке наиболее резкое изменение температуры происходит в направлении нормали к изотермической поверхности.

Количественной характеристикой того, насколько резко изменяется температура на бесконечно малом участке тела (практически в точке), служит температурный градиент (К/м):

$$\text{grad } t = \frac{\partial t}{\partial x} + \frac{\partial t}{\partial y} + \frac{\partial t}{\partial z}.$$

Температурный градиент – вектор, нормальный к изотермической поверхности и направленный в сторону возрастания температуры. В случае одномерного температурного поля $\text{grad } t = \frac{\partial t}{\partial x}$, в случае двумерного $\text{grad } t = \frac{\partial t}{\partial x} + \frac{\partial t}{\partial y}$.

Положительным направлением температурного градиента считается направление в сторону возрастания температуры.

Таким образом, величина температурного градиента служит критерием неоднородности температурного поля. Чем больше температурный градиент, тем интенсивнее процесс теплообмена в теле или среде, тем выше неоднородность температурного поля.

Порядок выполнения работы

1. Приготовить сплав заданного состава, перегреть его в лабораторной печи на 100...150 °С выше температуры ликвидуса и залить в форму, в которой предварительно установить три термопары: первую – в центре формы, вторую – на расстоянии половины радиуса, третью – у поверхности.

2. В процессе охлаждения расплава через каждые 30 секунд производить измерения температуры в каждой точке. Замеры прекратить при охлаждении на 150 °С ниже температуры солидуса.

3. Для каждой термопары построить кривые охлаждения отливки $t_i = f(\tau)$.

4. Построить температурное поле (распределение температур по сечению) отливки $t = f(x)$ с интервалом 2 минуты. Данные занести в таблицу.

τ, с	T, °C		
	I термопара	II термопара	III термопара
0			
30			
60			

6. Определить температуры ликвидуса и солидуса сплава.

7. Определить скорость охлаждения расплава в жидком и твердом состоянии (в каждой точке).

8. Определить величины температурных градиентов в различные моменты времени.

9. Построить график изменения температурного градиента от времени $\text{grad } t = f(\tau)$.

Содержание отчета

Общие сведения о понятии температуры, температурного поля, температурного градиента. Описание методики проведения эксперимента. Эскиз формы с расположенными термопарами. Результаты опытов в виде таблиц, расчетов, графиков. Выводы.

Литература

1. Металлургическая теплотехника: учебник для вузов, В 2 т. / В.А. Кривандин [и др.]. – М.: Металлургия, 1986.
2. Арутюнов, В.А., Миткалинный, В.И., Старк, С.Б. Металлургическая теплотехника. В 2 т. – М.: Металлургия, 1974.
3. Исаченко, В.П., Осипова, В.А., Сукомел, А.С. Теплопередача. – М.: Энергоиздат, 1981.
4. Кривандин, В.А., Марков, Б.Л. Металлургические печи. – М.: Металлургия, 1977.

5. Теплообмен и тепловые режимы в промышленных печах / В.И. Тимошпольский [и др.]; под общ. ред. В.И. Тимошпольского. – Мн.: Вышэйшая школа, 1992.

6. Промышленные теплотехнологии. Методики и инженерные расчеты оборудования высокотемпературных теплотехнологий машиностроительного и металлургического производства: учебник / Под общ. ред. В.И. Тимошпольского. – Мн.: Вышэйшая школа, 1998.

7. Прибытков, И.А., Левицкий, И.А. Теоретические основы теплотехники. – М.: Издательский центр «Академия», 2004.

Учебное издание

**ПОСТРОЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО
ПОЛЯ ОТЛИВКИ (СЛИТКА)**

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
по дисциплине «Металлургическая теплотехника
и теплоэнергетика»
для студентов специальностей
1-36 01 05 «Машины и технология обработки
материалов давлением»,
1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства»,
1-42 01 01 «Металлургическое производство
и материалобработка»,
1-42 01 02 «Порошковая металлургия, композиционные
материалы, покрытия»

Составители:
ТИМОШПОЛЬСКИЙ Владимир Исаакович
ТРУСОВА Ирина Александровна
КАБИШОВ Сергей Михайлович и др.

Редактор Л.Н. Дубовик
Компьютерная верстка А.Г. Гармазы

Подписано в печать 29.06.2006.

Формат 60х84 1/16. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 0,6. Уч.-изд. л. 0,5. Тираж 100. Заказ 678.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский национальный технический университет.
ЛИ № 02330/0131627 от 01.04.2004.
220013, Минск, проспект Независимости, 65.