

ВВЕДЕНИЕ

Основной задачей данной лабораторной работы является систематизация и закрепление знаний студентов по разделу «Теория сплавов. Диаграмма состояния» при изучении дисциплины «Материаловедение и технология конструкционных материалов». При ее выполнении студенты должны приобрести практические навыки построения кривых охлаждения и диаграмм состояния двойных сплавов с образованием механических смесей в твердом состоянии.

Данные указания дополняют методический материал, изложенный в литературе [1–8].

Отчет по лабораторной работе оформляется в соответствии с требованиями, изложенными в методических указаниях и рекомендуемой литературе [9].

Цель работы: изучить методику построения термических кривых при кристаллизации чистых металлов и двойных сплавов и определения на них кристаллических точек; освоить методику построения диаграммы состояния двойных сплавов термическим методом.

Материалы и оборудование: чистые металлы (цинк, олово) – по 1 кг; тигли – 6 шт.; электрическая печь; термопары – 6 шт.; устройство для измерения и контроля температуры (УКТЗ8-Щ4) – 1 шт.; персональный компьютер – 1 шт.

1. ИЗУЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Общие положения. Термический анализ.

Кривые нагрева и охлаждения

Для изготовления деталей машин чистые металлы в большинстве случаев не обладают требуемыми свойствами, поэтому они применяются сравнительно редко. Более широко применяются металлические сплавы.

Сплавы – сложные вещества, получаемые сплавлением или спеканием двух или нескольких простых веществ, называемых компонентами. **Компоненты** сплава образуют фазы. **Фазой** называют однородные части сплава, имеющие одинаковый состав, агрегатное состояние, кристаллическое строение, свойства и отделенные от других частей сплава поверхностями раздела. Под **структурой**

понимают форму, размеры и характер взаимного расположения фаз в сплавах.

При переходе сплава из одного состояния в другое (при нагреве или охлаждении) меняется его теплосодержание, т.е. выделяется или поглощается теплота. Термический анализ, используемый в материаловедении, представляет собой метод построения кривых температура – время. Он заключается в регистрации через равные промежутки времени температуры охлаждающегося или нагревающегося вещества.

На рис. 1 показана принципиальная схема установки для исследования металлов и сплавов термическим методом, на рис. 2 – структурная схема и перечень применяемого оборудования установки.

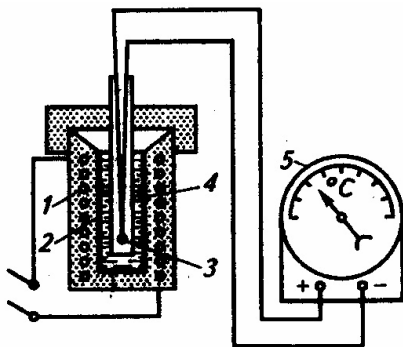


Рис. 1. Схема установки для кристаллизации металлов: 1 – электропечь; 2 – тигель; 3 – термопара; 4 – расплавленный металл или сплав; 5 – милливольтметр.

Результатом термического анализа является графическое изображение наблюдаемых изменений температуры во времени, представляющее собой кривую охлаждения (нагрева) исследуемого вещества.

Если при охлаждении (нагревании) в веществе не происходят внутренние превращения, сопровождающиеся тепловым эффектом, кривая охлаждения (нагрева) имеет вид плавной нисходящей (восходящей) линии (рис. 3). Это характерно для кристаллизации аморфных веществ (парафин, стеарин, воск, смола и др.). Если же в веществе происходят внутренние превращения, на кривой появляются горизонтальные (изотермические) участки или изгибы. На рис. 4

изображена кривая охлаждения чистого металла или сплава эвтектического состава. Точки 1 и 2 являются критическими точками начала и окончания затвердевания (кристаллизации), т.е. процесс кристаллизации идет при постоянной температуре. После окончания кристаллизации (точка 2, рис. 4) никаких внутренних (фазовых) превращений не происходит и кривая охлаждения плавно опускается.

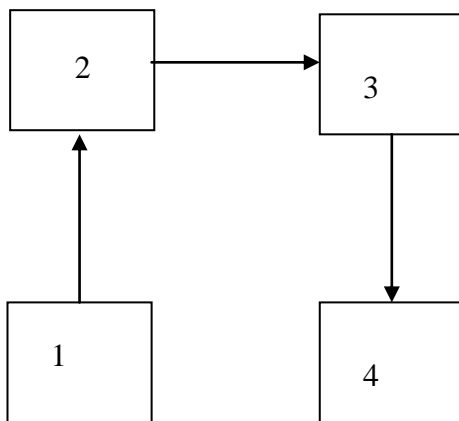


Рис. 2. Структурная схема и перечень применяемого оборудования установки для исследования металлов и сплавов: 1 – термопара (датчик температуры); 2 – устройство для измерения и контроля температуры УКТЗ8-Щ4; 3 – преобразователь интерфейсов АСЗ-М; 4 – персональный компьютер.

На рис. 5 показана кривая охлаждения доэвтектического (заэвтектического) сплава. В интервале температур 1–2 происходит кристаллизация одного избыточного компонента сплава. От точки 2 до точки 3 кристаллизуется жидкая фаза эвтектического состава. В точке 3 заканчивается затвердевание (кристаллизация) сплава.

На рис. 6 изображена кривая охлаждения сплава, кристаллизующегося с образованием твердого раствора в интервале температур 1–2.

Таким образом, на кривых охлаждения можно определить критические температуры, т.е. температуры начала и окончания внутренних (фазовых) превращений. К фазовым превращениям

относятся плавление или кристаллизация, перестройка кристаллической решетки вещества (полиморфизм) и др.

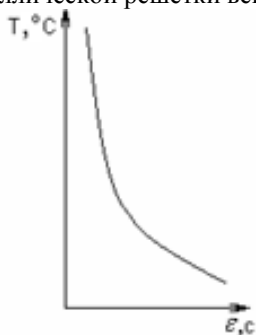


Рис. 3. Кривая охлаждения аморфного вещества.

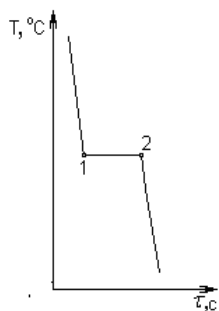


Рис. 4. Кривая охлаждения чистого металла (эвтектического сплава): точка 1 – начало кристаллизации; точка 2 – окончание кристаллизации.

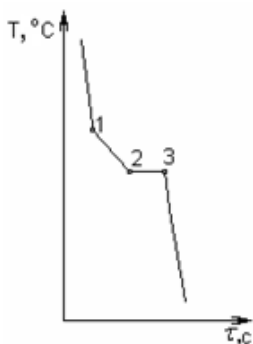


Рис. 5. Кривая охлаждения доэвтектического (заэвтектического) сплава: точки 1 – 2 – интервал кристаллизации избыточного компонента сплава; точки 2 – 3 – кристаллизация эвтектического состава.

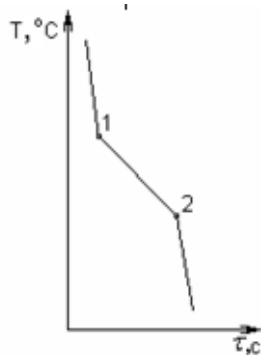


Рис. 6. Кривая охлаждения сплавов с образованием твердого раствора: точка 1 – начало кристаллизации; точка 2 – окончание кристаллизации.

1.2. Характеристика диаграммы состояния двойного сплава олово – цинк

Метод термического анализа посредством изображения кривых охлаждения (нагревания) используется для построения диаграмм фазового состояния систем.

Диаграмма состояния представляет собой графическое изображение зависимости значений параметра системы (температуры), определяющего ее фазовое состояние, от содержания компонентов в ней. Диаграмма состояния строится в координатных осях, по которым откладывают температуру ($^{\circ}\text{C}$) и массовую долю компонентов (от 100 % одного до 100 % другого). Точки и линии диаграммы являются геометрическим местом критических температур, фиксируемых на кривых охлаждения, и позволяют определять химическую природу, состав и границы существования равновесных фаз.

Диаграммы состояния широко применяются на практике в материаловедении, химии, металлургии не только для определения фазового состояния системы (например сплава), но и для выбора температуры нагрева сплава при термической и химико-термической обработке, горячем деформировании и т.д.

Термические кривые и диаграмма состояния сплавов системы олово – цинк показаны на рис 7. Линия *ACB* соответствует температурам начала кристаллизации чистых металлов и сплавов при охлаждении или температурам конца их плавления при нагревании; ее называют линией ликвидуса (от лат. liquidus – жидкий). Линию *DCF*, соответствующую температурам конца кристаллизации при охлаждении или температурам начала плавления при нагревании, называют линией солидуса (лат. solidus – твердый).

При температурах выше линии *ACB* (ликвидуса) все сплавы находятся в жидком (однофазном) состоянии, а ниже линии *DCF* (солидуса) – в твердом. При температурах между линиями *ACB* и *DCF* олово, цинк и их сплавы будут находиться в стадии кристаллизации (плавления) и представлены двумя фазами – кристаллами соответствующего чистого металла и жидким сплавом.

Сплав, содержащий 9 % Zn и 91 % Sn (сплав № 2), называют эвтектическим (эвтектика – по-гречески «хорошо построенный»). Он образуется при одновременной кристаллизации двух фаз (цинка и олова) в виде смеси их мелких кристаллов.

Эвтектические сплавы имеют самую низкую температуру плавления двух сплавов и чистых металлов (компонентов) (см. точку *C* рис. 7).

Все сплавы системы олово – цинк делятся эвтектическим сплавом на доэвтектические и заэвтектические. Доэвтектические сплавы состоят из кристаллов олова и эвтектики, эвтектические – из эвтектики, заэвтектические – из кристаллов цинка и эвтектики (см. рис. 7).

Контрольные вопросы

1. Что обозначают термины: «компонент», «фаза», «структура»?
2. Изобразите кривые охлаждения аморфных веществ, чистых металлов, эвтектических и доэвтектических (заэвтектических) сплавов.
3. Охарактеризуйте зоны, имеющие место на диаграмме состояния сплавов олово – цинк.
4. Что обозначают термины: «линия ликвидуса» и «линия солидуса»? Укажите эти линии на диаграмме состояния сплавов олово – цинк.
5. Что такое эвтектический, доэвтектический и заэвтектический сплавы? Какую структуру они имеют?
6. Какую информацию о сплавах дают диаграммы состояния? Как их строят?

2. ВЫПОЛНЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

После изучения раздела «Основы теории сплавов» [1–3], данных методических указаний и ответов на контрольные вопросы необходимо приступить к выполнению лабораторной работы.

Порядок выполнения работы

1. Изучить устройство, принцип работы и особенности эксплуатации оборудования и приборов для термического анализа металлов и сплавов.
2. Поместить в тигли навески чистых металлов и сплавов указанных составов (приложение). Массу навески выбрать таким образом, чтобы тигель заполнялся расплавом на 50...70 % от объема.

3. Произвести нагрев металла (сплава) до температуры, превышающей температуру его плавления на 30...50 °С.

4. Выключить ток и охладить тигли с расплавленными металлами и сплавами. Через равные промежутки времени (задаются преподавателем) фиксируются значения температуры металла или сплава. Данные заносятся в табл. 1.

Таблица 1. Значение температур кристаллизации

| Номер точки | Температура, °С |
|-------------|-----------------|
| 1 | |
| 2 | |
| И т.д. | |

5. По результатам опытов построить на миллиметровой бумаге кривые охлаждения (см. рис. 3...6), указав для каждой кривой процентный состав сплава. При построениях можно применять масштаб: 10 с = 1 мм и 10 °С = 1 мм.

6. На графиках кривых охлаждения чистых металлов и сплавов выделить точки, соответствующие кристаллическим температурам. Данные занести в табл. 2.

Таблица 2. Критические точки сплавов

| Номер сплава | Состав сплава | Температура кристаллизации, °С | |
|--------------|---------------|--------------------------------|-----------|
| | | начала | окончания |
| | | | |
| | | | |

7. Полученные критические точки начала и окончания кристаллизации (например 1 и 1' для кривой охлаждения № 1; 1, 2 и 2' для кривой охлаждения № 2 и т.д.) перенести с кривых охлаждения в координаты температура – концентрация компонентов на вертикальные линии I, II и т.д., соответствующие заданной концентрации (рис. 7).

8. На графике температура – концентрация компонентов на всех вертикальных линиях I–VI соединить точки начала кристаллизации сплавов (точки 1 – получим кривую *ACB*) и критические точки окончания кристаллизации сплавов (точки 1', 2' – получим прямую *DCF*) (см. рис. 7).

Отчет о выполнении работы

Отчет может быть выполнен либо на отдельных листах, либо в тетради и должен содержать:

1. Фамилию, имя, отчество студента, номер группы и курса, название факультета.

2. Порядковый номер, тему и цель лабораторной работы.

3. Общие сведения о металлах и сплавах, изображения кривых охлаждения основных групп веществ (аморфных тел, металлов и различных сплавов) с указанием на них критических точек (температуры), обоснование необходимости построения диаграммы состояния сплавов (в пояснительной части отчета).

4. Табл. 1 и 2 с результатами экспериментов.

5. Графики кривых охлаждения металлов и сплавов, выполненные на миллиметровой бумаге.

6. Диаграмму состояния сплава олово – цинк, выполненную на миллиметровой бумаге.

7. Характеристику точек, линий и областей диаграммы состояния сплава олово – цинк.

8. Характеристику структуры чистых металлов, эвтектического, доэвтектического и заэвтектического сплавов.

9. Выводы по работе, дату и подпись студента.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Составы сплавов для термического анализа

| Номер сплава | Система | | | | | |
|--------------|---------|--------|-------|------|--------|--------|
| | свинец | сурьма | олово | цинк | висмут | сурьма |
| 1 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 |
| 2 | 95 | 5 | 95 | 5 | 90 | 10 |
| 3 | 87 | 13 | 91 | 9 | 70 | 30 |
| 4 | 60 | 40 | 60 | 40 | 40 | 60 |
| 5 | 30 | 70 | 30 | 70 | 10 | 90 |
| 6 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |

ЛИТЕРАТУРА

1. Материаловедение и технология металлов / Г.П. Фетисов, М.Г. Кариман, В.М. Матюнин [и др.]; под ред. Г.П. Фетисова. М.: Высш. шк., 2005. 862 с.
2. Материаловедение /А.М. Адашкин, Ю.Е. Седов, А.Н. Онегина, В.Н. Климов; под ред. Ю.М. Соломенцева. М.: Высш. шк., 2005. 456 с.
3. Кондратьев, Е.Т. Технология конструкционных материалов и материаловедение / Е.Т. Кондратьев. М.: Колос, 1983. 272 с.
4. Черепяхин, А.А. Материаловедение / А.А. Черепяхин. М.: Академия, 2004. 256 с.
5. Худокормова, Р.Н. Материаловедение: лаб. практикум / Р.Н. Худокормова, Ф.И. Пантелеенко. М.: Высш. шк., 1988. 224 с.
6. Практикум по материаловедению и технологии конструкционных материалов / В.А. Оськин, В.Н. Байкалова, В.Ф. Карпенко [и др.]. М.: Колос, 2007. 318 с.
7. Практикум по технологии металлов и материаловедению / под ред. С.С. Некрасова. М.: Агропромиздат, 1991. 297 с.
8. Построение диаграммы состояния сплавов по кривым охлаждения: метод. указания / Н.А. Шилов, Г.Г. Курилин, В.А. Валетов. Горки: БСХА, 1977. 7 с.
9. Баранов, Л.Ф. Проекты (работы) курсовые и дипломные. Общие требования и оформление. СТП БГСХА 2.0.01–99 / Л.Ф. Баранов, А.К. Трубилов. Горки: БГСХА, 2000. 101 с.

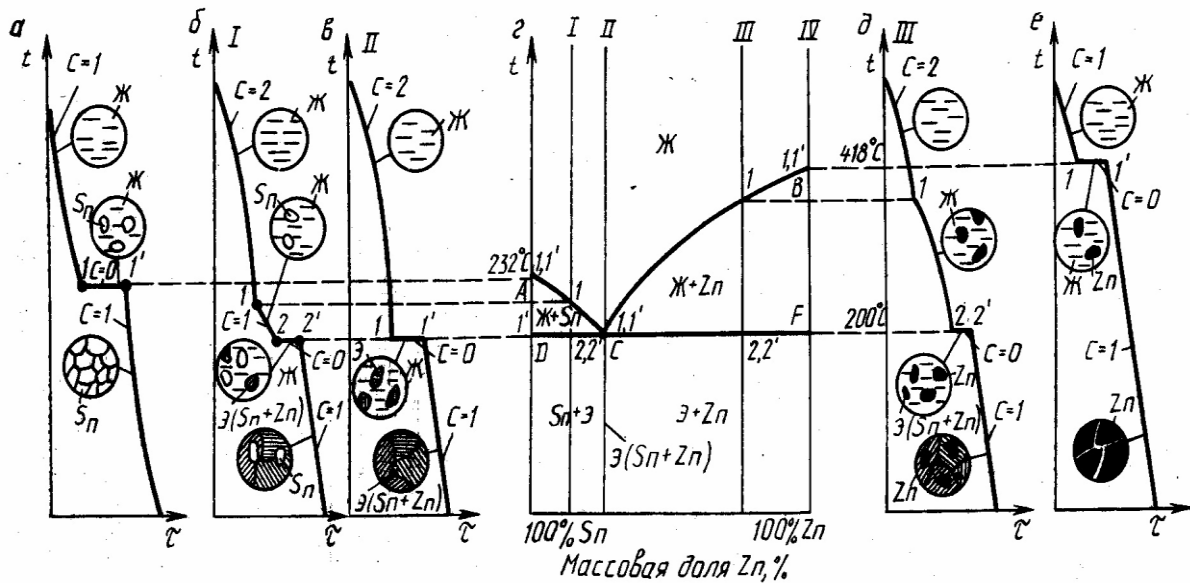


Рис. 7. Диаграмма состояния сплавов системы Sn – Zn (г) и кривые охлаждения: а – 100 % Sn; б – 4 % Zn + 96 % Sn (I); в – 9 % Zn + 91 % Sn (II); г – 60 % Zn + 40 % Sn (III); е – 100 % Zn (IV).