

Введение

Пайка — самый древний способ получения неразъемных соединений, переживающий в наше время уже третье рождение (второе — в середине двадцатого века в связи с развитием авиационной и космической отраслей промышленности), связанное с широким применением новых, в том числе композиционных материалов. Подготовка специалистов по пайке разного уровня проводится в Тольятти достаточно длительное время, а в 1970–2005 гг. именно здесь существовала единственная в стране кафедра пайки, традиции которой поддерживаются и в наше время. С первых лет существования кафедры пайки большое внимание уделялось участию студентов в научно-исследовательской работе, т.к. это обеспечивает наилучшее качество подготовки специалиста.

Большое значение при исследовании процессов пайки и качества паяных соединений имеют вопросы материаловедения. Следует напомнить, что методами пайки соединяются между собой не только металлы, но и неметаллы в однородном и разнородном сочетаниях, а сам припой в любом случае имеет состав, структуру и свойства, отличные от свойств паяемых материалов. Большое значение при пайке имеют и процессы взаимной диффузии элементов припоя и паяемых материалов. Поэтому подготовка данного лабораторного практикума, в котором к направлению подготовки адаптирован цикл лабораторных работ по материаловедению, безусловно, является актуальной и полезной. Данный практикум дополняет разработанный на основании опыта кафедры пайки лабораторный практикум «Технология и оборудование для пайки» и может быть использован при проведении лабораторных и практических занятий по различным дисциплинам подготовки специалистов по пайке (сварке) разного уровня.

Предлагаемый цикл лабораторных работ включает как общеметодические вопросы металлографии, так и изучение свойств различных сплавов, которые при пайке могут быть как в роли паяемых, так и в роли технологических материалов (припоев). Внимание уделяется также вопросам термической обработки, что объясняется как тем, что термический

цикл пайки воздействует на свойства материалов, так и тем, что именно при пайке имеются широкие возможности совмещения операций получения соединений и термической обработки. Приведенные в практикуме материалы, в том числе задания для самостоятельной работы (часть из них затрагивают вопросы пайки) можно также использовать на практических занятиях.

Будущему специалисту в области машиностроения, предстоит работать в быстро изменяющихся условиях производства.

Уже сейчас цикл обновления технологических процессов в некоторых отраслях промышленности короче, чем период обучения в институте или университете. Поэтому подготовка специалистов нового типа, умеющих быстро адаптироваться к новым условиям работы предприятий, является одной из основных задач организации высшего образования.

Лабораторная работа — форма организации обучения, интегрирующая теоретико-методологические знания, практические умения и навыки студентов в едином процессе учебно-исследовательского характера. В ходе выполнения работ студенты вырабатывают умения наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты проведенной работы (исследования) в виде отчетов, презентаций, таблиц, схем, графиков и других текстов.

Одновременно у студентов формируются практические профессиональные навыки.

Лабораторная работа как вид учебного занятия должна проводиться в специально оборудованных учебных лабораториях.

Многие лабораторные занятия требуют большой аналитической работы, изучения дополнительной литературы, в том числе и научной.

Лабораторный практикум, как форма учебных занятий, максимально способствует активизации мыслительной деятельности студентов и выработке у них навыков творческого применения на практике полученных знаний.

Практикум представляет собой комплекс лабораторных работ для студентов следующих направлений подготовки 15.03.01 «Машиностроение», 15.04.01 «Машиностроение», 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов», 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» и специальностей 15.02.08 «Технология машиностроения», 22.02.06 «Сварочное производство».

Каждая отдельная лабораторная работа служит средством формирования умений научно-исследовательского характера на примере конкретного профессионально значимого содержания из сферы будущей профессиональной деятельности. Именно во время лабораторной работы закладывается переход предметных компетенций в компетентность специалиста, которая осуществляется при помощи лабораторного метода.

Данный комплекс лабораторных работ предлагается использовать при изучении различных дисциплин, которые входят в учебный план подготовки специалистов по направлениям «Технология машиностроения» и «Машиностроение» (профиль «Технология и оборудование для пайки»).

Практикум может быть использован при подготовке специалистов по направлениям 15.03.01 «Машиностроение», 15.04.01 «Машиностроение», 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов», 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» и специальностям 15.02.08 «Технология машиностроения», 22.02.06 «Сварочное производство».

Лабораторная работа № 1

Микроструктурный анализ металлов и сплавов

Цель работы:

- изучение устройства металлографических микроскопов;
- освоение технологии приготовления микрошлифа;
- анализ и исследование микроструктуры металлов, сплавов и паяных (сварных) соединений.

Задание:

- изучить устройство металлографического микроскопа, освоить работу с микроскопом;
- определить общее увеличение микроскопа и цену деления шкалы окуляра;
- приготовить микрошлиф заданного материала (например, паяного или сварного соединения);
- просмотреть под микроскопом микрошлиф и зарисовать схему микроструктуры;
- определить средний диаметр кристаллического зерна (паяемого материала, припоя и т. д.).

Оборудование и материалы:

- образцы различных материалов (образцы паяемых материалов, образцы паяных соединений из различных материалов);
- набор шлифовальной шкурки;
- полировальный станок;
- полировальная жидкость;
- установка для электролитической полировки и травления;
- металлографический микроскоп ЕС МЕТАМ РВ 21;
- приспособления для закрепления образцов.

Краткие теоретические сведения

Микроанализ применяют для изучения внутреннего строения (микроструктуры) металлов и сплавов (в том числе и в зонах неразъемных соединений) с помощью оптических или других микроскопов.

Знакомство с основными понятиями и владение элементарными навыками металлографических исследований необходимы специалисту в области пайки.

Микроскопический анализ (микроанализ) заключается в исследовании структуры металлов и сплавов при больших увеличениях (более 30 крат) и применяется:

- для определения количества и типа структурных составляющих металлов и сплавов (сварных и паяных соединений);

- для оценки формы, размера и характера расположения зерен;

- для определения характера и качества обработки (термической обработки, литья, обработки давлением, пайки и сварки);

- для приблизительного определения содержания углерода в углеродистой и низколегированной стали по структуре в равновесном состоянии;

- для установления наличия неметаллических включений и оценки их формы, размеров, характера расположения и распределения;

- для установления наличия микродефектов — микротрещин, раковин и т. п.;

- для определения глубины слоя, образовавшегося на поверхности после цементации (нитроцементации), азотирования и других видов химико-термической обработки, глубины обезуглероживания;

- выявление и определение толщины прослойки химического соединения на границе паяемый материал — паяный шов;

- для обнаружения неметаллических включений — сульфидов, оксидов и др.

Между структурой и свойствами металлов и сплавов существует прямая зависимость.

Например, величина зерна структуры сильно влияет на механические свойства металлов и сплавов.

Так, зависимость предела текучести σ_m от размера (диаметра) зерна d описывается отношением Холла — Петча:

$$\sigma_m = \sigma_0 + kd^{-1/2}, \quad (1)$$

где σ_0 — предел текучести монокристалла;

k — коэффициент Холла — Петча (коэффициент зерно-границного упрочнения, характеризующий вклад границ зерен в упрочнение).

Предполагается, что σ_0 и k являются константами материала, и низкотемпературные отжиги не влияют на их значения.

Чем мельче зерно, тем выше прочность (σ_b , σ_m , $\sigma_{0,2}$), твердость (HB, HRC), пластичность (δ , φ) и ударная вязкость (a_H), ниже порог хладноломкости и меньше склонность к хрупкому разрушению.

Для проведения микроисследования используют микрошлиф, представляющий собой образец из исследуемого материала, поверхность которого специально обработана. Выбор места взятия образца для изготовления микрошлифа проводится после тщательного внешнего осмотра объекта исследования с учетом цели исследования. При выяснении причин выхода из строя деталей машин следует определить микроструктуру в месте излома, ведущую к образованию хрупкой структурной зоны и затем микротрещины.

Для этого образцы следует вырезать так, чтобы сечение излома, поверхность износа или другого дефекта попали в плоскость шлифа. При исследовании неметаллических включений в прокате или поковке необходимо отбирать пробы вдоль и поперек прокатки или направленияковки. Если изделия подвергнуты термической или химико-термической обработке, образцы нужно вырезать так, чтобы в плоскость шлифа попали как поверхностные, так и срединные слои изделия.

При выявлении ликвации в металле образцы необходимо брать из различных, наиболее характерных участков изделия. Для металлографических исследований сварных или паяных соединений образцы вырезают таким образом, чтобы можно было исследовать структуры сварного или паяного шва, основного металла и переходных зон.

Для приготовления микрошлифа выполняют следующие операции: отрезку образца, торцовку, шлифование и полирование его поверхности с последующим химическим травлением.

Качество подготовки поверхности микрошлифа во многом определяет результаты микроструктурного исследования.

Отрезка образца из мягких металлов (HB < 300) проводится ножовкой, фрезой или резцом, из твердых металлов (HB > 300) — абразивным кругом с охлаждением водой или эмульсией, чтобы образец не нагревался свыше 150 °С и его структура не изменялась.

Наиболее удобными являются микрошлифы цилиндрической формы диаметром 10–20 и высотой 10–15 мм или прямоугольные со сторонами основания 10–20 и высотой 10–15 мм.

При изготовлении микрошлифов из образца малых размеров (проволока, стружка, листы и др.) их закрепляют в зажимах или заливают образцы легкоплавким сплавом, пластмассой и др.

Торцовка шлифа осуществляется с целью придания прямолинейности одной из его поверхностей и проводится опилкой напильником или шлифовальным кругом.

Шлифование необходимо для удаления рисок, оставшихся от торцовки. Это достигается обработкой поверхности шлифа шлифовальной бумагой различной зернистости (разных номеров). Шлифовальная бумага имеет следующую нумерацию: 12, 10, 8, 6, 5, 4, 3 (номер обозначает примерную величину зерна в сотых долях миллиметра).

Для предварительного чернового шлифования берут бумагу первых четырех номеров. Заканчивают шлифование бумагой номерами 5...3 с мелкими абразивными зёрнами. Мокрое шлифование дает лучшие результаты, так как вода уносит частички отрезанного металла и абразивных зёрен. Шлифование проводят вручную или на специальном шлифовальном станке. При переходе с одного номера шлифовальной бумаги на другой шлиф поворачивают на 90° и шлифуют до полного удаления рисок, образованных от предыдущей обработки.

Полирование проводят на быстровращающемся диске с сукном (фетром, драпом), которое смачивается водой с взвешенными частицами какого либо абразива (окись хрома или алюминия). Для полирования может применяться также паста ГОИ (Государственный оптический институт), состоящая из окиси хрома, стеарина, олеиновой кислоты, соды и керосина.

Полирование считается законченным, если поверхность образца приобрела зеркальный вид и под микроскопом не просматриваются риски.

После полировки шлиф тщательно промывают водой, спиртом и сушат, прикладывая (промокая) фильтровальную бумагу.

С целью выявления микроструктуры полированная поверхность шлифа подвергается химическому травлению реактивом. Для стали и чугуна чаще всего применяют 2–5%-ный раствор азотной кислоты (HNO_3) в этиловом спирте.

Перед травлением полированную поверхность шлифа с целью обезжиривания промывают спиртом.

Полированную поверхность шлифа погружают в реактив на 3–15 с или протирают ватой, смоченной в реактиве, до появления ровного матового оттенка без наличия каких-либо пятен.

Затем шлиф промывают водой, спиртом и просушивают фильтровальной бумагой. В результате неодинаковой степени травления структурных составляющих на поверхности шлифа создается микрорельеф.

Этот микрорельеф создает сочетание света и тени при рассмотрении шлифа в микроскоп.

Наиболее распространенным для микроанализа металлов и сплавов является металлографический микроскоп ЕС МЕТАМ РВ-21.



Рис. 1. Металлографический микроскоп ЕС МЕТАМ РВ

Микроскоп позволяет наблюдать микроструктуру объекта в светлом и темном поле при прямом освещении,

в поляризованном свете и методом дифференциально-интерференционного контраста.

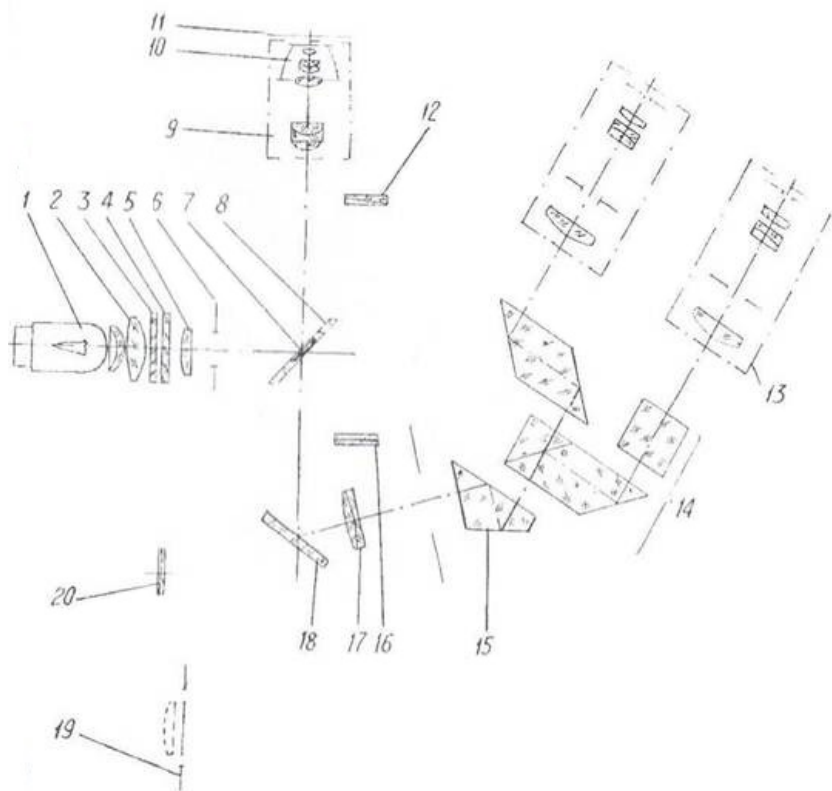


Рис. 2. Оптическая схема микроскопа ЕС МЕТАМ РВ-21

При наблюдении в светлом поле лучи от источника света 1 (рис. 2) проходят через линзу 2, теплофильтр 3, осветительную линзу 5, ирисовую диафрагму 6, отражаются от плоскопараллельного полупрозрачного отражателя 7 и направляются через объектив 9 на объект 11.

Лучи, отраженные от поверхности объекта, снова проходят через объектив и отражатель, попадают на зеркало 18 и сводятся линзой 17 в фокальную плоскость окуляра 13, где создается действительное обратное и увеличенное изображение объекта.

С помощью призмы 15 изменяется направление оптической оси микроскопа. Призмный блок 14 бинокулярной насадки разделяет пучок лучей.

При наблюдении в темном поле из хода лучей выключаются отражатель 7, линза 5 и вводится диафрагма 19, центральная зона которой экранирована.

Свет, пройдя через диафрагму 19, отражается от кольцевого отражателя 8 и попадает на параболический конденсор 10, который собирает пучок лучей на объекте.

Лучи, диффузно отраженные от неровностей объекта, попадают в объектив. В поле зрения микроскопа неровности объекта изображаются светлыми на общем темном фоне. Для получения равномерного освещения исследуемого объекта в светлом поле в ход лучей вводится осветительная линза 5 с матированной поверхностью, а для повышения контрастности изображения объекта вводится светофильтр 4.

Для получения равномерного освещения в темном поле в ход лучей вводится заглушка ТП.

При наблюдении в поляризованном свете в ход лучей вводятся отражатель 7, анализатор 16 и поляризатор 20.

При наблюдении методом дифференциально-интерференционного контраста в ход лучей вводятся отражатель 7, анализатор 16, поляризатор 20 и призма 12.

Линейно поляризованный свет, выходящий из поляризатора, отражается от отражателя 7, попадает на двоякопреломляющую призму 12, ориентированную в пространстве таким образом, что угол между плоскостью поляризации поляризатора 20 и осью призмы 12 равен 45° , и, проходя через призму, расщепляется на два луча. Лучи, выходящие из призмы 12, поляризованные во взаимно перпендикулярных плоскостях и имеющие равные интенсивности, проходят через объектив 9 и попадают на объект 11, при отражении от которого возникает разность фаз этих лучей из-за неровностей поверхности.

Отразившись от объекта и вновь пройдя через объектив и призму, лучи соединяются в плоскости локализации призмы, которая совмещена с задней фокальной плоскостью объектива. При вводе анализатора 16, плоскость поляризации которого расположена под углом 45° к оси призмы, достигается интерференция лучей. Получается двойное изображение объекта,

однако раздвоение настолько незначительное (близкое к пределу разрешения объектива), что практически его не видно и объект воспринимается рельефным.

Кроме микроскопа ЕС МЕТАМ РВ-21 выпускается микроскоп ЕС МЕТАМ РВ-22, который может работать совместно с компьютером, обеспечивая исследования снимками визуальных наблюдений.

Конструкция микроскопов серии ЕС МЕТАМ РВ характеризуется следующими особенностями:

- микроскоп базируется на унифицированном штативе с агрегатно-модульными узлами;

- штатив современной формы имеет повышенную жесткость;

- рукоятки продольного и поперечного перемещения предметного столика расположены вертикально на одной оси;

- рукоятки грубого перемещения тубуса и микрометрической фокусировки выведены с двух сторон штатива и также расположены на одной оси;

- обеспечивается быстрый и удобный переход от одного метода наблюдения к другому.

Микроскоп ЕС МЕТАМ РВ 21 обеспечивает исследование объектов методом дифференциально-интерференционного контраста с помощью модуля ДИК и возможность фотографирования с помощью фотонасадки.

В результате изучения микроструктуры можно установить: количество структурных составляющих сплава и характер их расположения; величину зерна; вид термической обработки и правильность выбора ее режима; приближенное содержание некоторых элементов, например углерода, в отожженных сталях.

Конструкция оптических микроскопов включает в себя устройства, позволяющие выполнять измерения размеров объекта (например, измерение размеров отдельных участков поверхности шлифа или кристаллических зерен металла): *объект-микрометр* и *окуляр-микрометр*.

Объект-микрометр — пластина, на которую нанесена шкала длиной 1 мм, разделенная на 100 равных частей.

Окуляр-микрометр — окуляр, в который вставлена пластинка с линейкой, при помощи которой можно определить

величину зерна, глубину слоя (азотирования, цементации), размер микродефектов.

Цена деления окуляра-микрометра зависит от увеличения объектива. Для определения цены деления окуляра-микрометра на предметный столик микроскопа устанавливается объект-микрометр. После наведения на фокус в поле зрения микроскопа видны шкалы объекта-микрометра и окуляра-микрометра. Совместив обе шкалы, можно определить, сколько делений шкалы объекта-микрометра совмещается с делениями шкалы окуляра-микрометра.

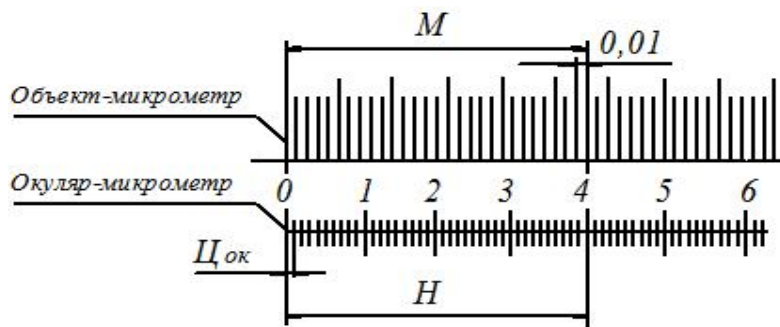


Рис. 3. Схема определения цены деления окуляра-микрометра

Цена деления шкалы окуляра определяется по формуле:

$$C_{ок} = C_{об} M / N, \quad (2)$$

где $C_{об}$ — цена деления шкалы объект-микрометра, $C_{об} = 0,01$ мм;

M — число совмещенных делений шкалы объект-микрометра;

N — число совмещенных делений шкалы окуляра.

Определение величины зерна

Для определения средней величины зерна существует несколько методов, среди которых наиболее распространенным является *метод площадей*.

Для определения величины зерна необходимо на предметный столик микроскопа установить микрошлиф и,

рассматривая микроструктуру, измерить среднюю линейную величину зерна в вертикальном (L_v) и горизонтальном (L_z) положениях. Средний диаметр зерна определяют по формуле:

$$d_{cp} = (L_z + L_v)/2. \quad (3)$$

Площадь кристаллического зерна подсчитывают по формуле:

$$F = \pi d_{cp}^2 / 4. \quad (4)$$

По полученной площади, пользуясь данными *табл. 1*, определяют номер зерна. Между номером зерна N^o и количеством зерен n , помещающихся на 1 мм^2 шлифа, существует следующая зависимость: $n = 2^{N+3}$.

Стали с зерном N^o 1–5 относят к группе крупнозернистых, а с зерном N^o 6–15 — к мелкозернистым.

Порядок выполнения работы

Работа проводится в следующем порядке:

- приготовление микрошлифов;
- обезжиривание поверхности шлифа, травление;
- промывка шлифов водой, спиртом и просушка фильтровальной бумагой;
- исследование микроструктуры и оформление.

Оформление отчета

Отчет следует писать после тщательного изучения методики. В нем должно быть отражено следующее:

- наименование лабораторной работы;
- цель работы;
- сущность микроанализа металлов и сплавов;
- технология приготовления микрошлифа;
- краткое описание микроскопа;
- схема микроструктуры заданного образца и ее описание;
- определение цены деления шкалы окуляра микроскопа, величины среднего диаметра зерна, его площади и номера.

Параметры кристаллических зерен

Номер зерна	Средняя площадь, мкм ²	Число зерен на мм ²
1	64 000	16
2	32 000	32
3	16 000	64
4	8000	128
5	4000	256
6	2000	512
7	1000	1024
8	500	2048

Контрольные вопросы

1. Что называется микрошлифом?
2. Как и в зависимости от чего выбирается место выреза образца приготовления микрошлифа?
3. Какие операции необходимы для приготовления микрошлифа?
4. Как осуществляется шлифование шлифа?
5. Какие материалы применяют для полирования шлифа?
6. Для чего применяют травление шлифа?
7. Как определяется общее увеличение микроскопа?
8. В каких случаях проводят наблюдение в темном поле?
9. Как определяется цена деления шкалы окуляра?
10. Как влияет величина кристаллического зерна на свойства металлов и сплавов?

Лабораторная работа № 2

Построение диаграммы состояния сплавов первого типа «свинец-сурьма». Методом термического анализа

Цель работы:

– изучение процесса кристаллизации сплавов и принципа построения диаграмм состояния сплавов.

Задание:

На основе наблюдения и исследования охлаждения заданного сплава выполнить следующие этапы:

– построить кривые охлаждения заданных сплавов и определить на них положение критических точек (температур начала и конца кристаллизации) при различных соотношениях компонентов сплава;

– построить диаграмму состояния сплавов системы свинец — сурьма, используя критические точки ранее построенных кривых охлаждения;

– определить структуру и фазовый состав всех областей диаграммы состояния, а также превращения, происходящие при температуре критических точек;

– выполнить задание для самостоятельной работы (по согласованию с преподавателем).

Оборудование и материалы:

– лабораторная электропечь;

– потенциометр, термопара;

– микроскоп ЕС МЕТАМ РВ 21;

– сплавы Pb-Sb следующего состава: 5 % Sb и 95 % Pb; 13 % Sb и 87 % Pb; 40 % Sb и 60 % Pb.

Краткие теоретические сведения

Применительно к пайке диаграммы состояния позволяют не только определить агрегатное состояние, фазы и структурные составляющие сплавов при заданной температуре, но и предсказать особенности взаимодействия между припоем

и паяемым материалом, вероятность образования тех или иных дефектов и свойства получаемых соединений. Поэтому знакомство с порядком построения и анализа диаграмм состояния является очень полезным для специалиста в области паяльного производства. Следует отметить также, что свинец входит в состав многих припоев для низкотемпературной пайки, а основным легирующим элементом оловянно-свинцовых припоев как раз является сурьма.

Процесс кристаллизации металлов и сплавов происходит при охлаждении расплава. При охлаждении металл или сплавы кристаллизуются с выделением тепла. Это происходит не строго при температуре плавления, а при некотором переохлаждении, величина которого зависит от природы металла, его загрязненности и скорости охлаждения. Процесс кристаллизации состоит из двух стадий: образования центров кристаллизации; роста кристаллов вокруг этих центров.

Размер зерен зависит не только от числа центров кристаллизации, но и от количества частичек нерастворимых примесей (окислы, нитриды, сульфиды и т. д.) в жидком металле или сплаве.

Для получения мелкозернистого металла или сплава в расплав специально добавляют небольшое количество тех или иных веществ, которые называются модификаторами, а процесс — модифицированием.

Установлено, что свойства металлов и сплавов зависят от их структуры (внутреннего строения). При получении сплавов методом плавления в них происходят определенные превращения, ведущие к образованию определенных структур. Для изучения механизма образования структуры применяют различные методы исследований. Широко используется метод термического анализа, рассматриваемый в данной работе. Он основан на принципе, что любое превращение в металлах и сплавах при изменении температуры сопровождается тепловым эффектом (поглощение или выделение тепла в период фазовых превращений). Под превращениями понимается изменение кристаллической решетки — аллотропия, выделение кристаллов (появление твердой фазы), разрушение кристаллов (появление жидкой фазы) при расплавлении.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru