

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ  
им. А.А. БАЙКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

**МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**Современные методы исследования металлов и процессов**

Направление подготовки: **22.06.01 Технологии материалов**

Направленность подготовки:  
**Металлургия черных, цветных и редких металлов**

Одобрено на заседании  
Ученого совета ИМЕТ РАН  
\_\_\_\_\_ 2017 г.  
Протокол № \_\_\_\_\_

Москва 2017 год

Курс «Современные методы исследования металлов и процессов» направлен на формирование необходимых знаний по современным методам исследований состава, структуры и свойств металлов и сплавов, методам оперативного контроля процессов производства сталей, методам контроля металлургического качества сталей на всех этапах производства

### **Вопросы для подготовки к собеседованиям по темам курса**

#### **Вопросы к собеседованию 1 «Современные методы спектрального анализа»**

1. Современные методы спектрального анализа.
2. Атомно эмиссионный спектральный анализ.
3. Виды и основные способы возбуждения спектров и атомизации пробы, термическая атомизация, дуга, искра, плазма, тлеющий разряд по Гримму
4. Атомно- абсорбционная спектрометрия, закон Бэра.
5. Схема спектрального прибора, основные части спектрометра.
6. Атомная эмиссионные спектрометры с индуктивно связанной плазмой

#### **Вопросы к собеседованию 2 «Современные методы контроля механических свойств и определения микроструктуры сталей и сплавов»:**

1. Классификация примесей.
2. Расскажите об элементах внедрения, замещения; элементах аустенито- и феррито-образователях. Как они влияют на полиморфизм железа?
3. Как легирующие элементы влияют на: превращения в стали (распад аустенита; мартенситное превращение)?
4. Как легирующие элементы влияют на рост зерна;
5. Как легирующие элементы влияют на превращения при отпуске?

#### **Самостоятельная работа по дисциплине «Современные методы исследования металлов и процессов»**

Самостоятельная работа аспирантов проводится в форме изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе и написания реферата по истории естественных наук в соответствии с выбранной темой. Во время самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечиваются доступом к сети Интернет, к не менее, чем одной электронной библиотеке, и доступом к электронным научным базам. Основные виды самостоятельной работы: в читальном зале библиотеки с доступом к ресурсам Интернет, в домашних условиях с доступом к ресурсам Интернет.

#### **Вопросы для подготовки к промежуточной аттестации – дифференцированному зачету**

Дифференцированный зачет проводится в устной форме, где обучающемуся задается 2 вопроса из следующего перечня:

## 1. Качество сталей и сплавов.

1.1. Классификация сталей по химическому составу, назначению и структуре, маркировка сталей. Качество сталей, основные составляющие качества стали. (ОПК-1, ОПК-3)

1.2. Потребительское качество сталей. Прокаливаемость, штампуемость, склонность сталей к старению, хладостойкость, обрабатываемость резанием, свариваемость и т.д. (ОПК-1, ОПК-3)

1.3. Металлургическое качество сталей. Факторы металлургического качества сталей. Химический состав, примеси и их влияние на свойства сталей фосфор, сера, газообразующие элементы, растворимость газов в сталях причины возникновения дефектов, и неметаллические включения, их влияние на свойства сталей. Макро и микроструктура сталей, термокинетическая диаграмма, размер зерна, дефекты макро и микроструктуры. Ликвация и микронеоднородность, причины возникновения. Дендритная ликвация, полосчатость. Дефекты литой структуры.

1.4. Контроль качества металлов, сплавов и изделий из них. Аналитический контроль на современном металлургическом предприятии. Требования к методам аналитического контроля и оборудованию. Классификация методов анализа в зависимости от цели, объектов и методов анализа.

1.5. Основные термины аналитического контроля. Градуировочная функция, погрешность результатов измерений, неопределенность, сходимость, воспроизводимость, правильность. Стандартное отклонение, относительное стандартное отклонение. Коэффициент чувствительности, пределы обнаружения, пределы определения, стандартные образцы и образцы сравнения. Методы аналитического контроля. Классификация методов анализа.

## 2. Современные методы оперативного контроля на металлургическом предприятии.

2.1 Измерение температуры жидкого металла погружными термопарами. Принцип действия термопары. Типы термопар, компенсационные провода, поверка термопар. Термопары кратковременного действия. Состав системы измерения температуры металлургических расплавов. Термопары многократного действия. Регистрирующие приборы, температурное «окно». Термопары для непрерывного измерения температуры жидкого металла. Применение термопар для контроля качества непрерывнолитой заготовки. Новые методы измерения температуры жидких металлов

2.2 Отбор проб жидкого металла и шлака. Требования к качеству проб. Четыре метода отбора проб. Критерии выбора пробоотборника. Типы проб и их формы. Схема пробоотборника, типы применяемых раскислителей при пробоотборе. Отбор проб из конвертера и ДСП, ПК, вакууматоров и промковшей. Пробоотборники для отбора стержневой пробы для анализа O, N, H, подготовка проб к анализу. Отбор «чистых» проб и отбор проб шлака. Дефекты пробоотбора.

2.3 Системы измерения окисленности металла погружными зондами с электрохимическими датчиками. Высокотемпературные электрохимические ячейки с твердым электролитом, принцип действия. Схема чувствительных элементов зонда Celox. Определение активности кислорода, растворенного в жидком металле. Применение погружных зондов для определения окисленности металла и шлака, определения алюминия и углерода. Контроль морфологии неметаллических включений с помощью зонда. Контроль окисленности сталеплавильных шлаков.

2.4 Системы измерения водорода и азота в металле погружными зондами. Дефекты вызываемые высоким содержанием водорода в стали. Принцип измерения водорода в жидком металле погружными зондами. Система измерения водорода в металле Hidris. Ограничения и точность определения системы. Принцип измерения азота в жидком металле погружными

зондами. Система измерения содержания азота в расплаве Nitris. Ограничения и точность определения системы Nitris.

2.5 Автоматические контейнерные заводские лаборатории

3. Контроль механических свойств сталей и сплавов на металлургическом предприятии

3.1. Механические свойства стали, прочность, пластичность, вязкость. Диаграмма растяжения образца. Предел прочности предел текучести, предел упругости, условный предел текучести.

3.2 Современные методы контроля механических свойств сталей и сплавов. Ударная вязкость, определение ударной вязкости, хладостойкость, метод полнопрофильных испытаний трубных сталей DWTT, вязкость разрушения.

3.3 Определение твердости и микротвердости, твердость по Виккерсу, Бринеллю, Роквеллу.

3.2. Современные методы усталостных испытаний кривая усталости, Оборудование для усталостных испытаний.

4. Современные методы анализа состава металлов, сплавов шлаков и огнеупорных материалов.

4.1. Элементный анализ. Современные методы анализа состава. Требования к аналитическому оборудованию. Аналитическое качество результатов (точность, воспроизводимость и правильность). Качество аналитической системы. Классификация методов анализа состава.

4.2. Современные методы спектрального анализа. Атомно эмиссионный спектральный анализ. Виды и основные способы возбуждения спектров и атомизации пробы, термическая атомизация, дуга, искра, плазма, тлеющий разряд по Гримму. Зависимость интенсивности спектральной линии от концентрации уравнение Б.Б. Ломакина-Шейбе. Схема спектрального прибора, основные части спектрометра. Круг Роуланда. Дифракционные решетки и их характеристики. Методы регистрации оптических спектров. Особенности калибровки спектрометров. Разрешение спектрометров. Полихроматоры и монохроматоры. Методика выполнения измерений (МВИ) при эмиссионном спектральном анализе. Требования к методикам и стандартным образцам состава для АЭС.

4.3. Атомно- абсорбционная спектрометрия, закон Бэра. Схема спектрального прибора, основные части абсорбционного спектрометра. Виды атомизации, атомизаторы.

4.5. Атомные эмиссионные спектрометры с индуктивно связанной плазмой (ИСП-АЭС). Пробоотбор и пробоподготовка.

4.6 Современный Рентгеноспектральный анализ. Преимущества рентгеноспектрального анализа (РСА). Рентгенофлуоресцентная спектрометрия. Схема спектрального прибора, основные части РФА спектрометра. Различные варианты анализа рентгеновских спектров. Волновые и энергодисперсионные спектрометры, особенности и ограничения. Составляющие фона в рентгеновском анализе. Точность и чувствительность метода.

5. Современная аналитическая электронная микроскопия.

Типы электронных микроскопов, просвечивающая и растровая электронная микроскопия. Взаимодействие электронного пучка с твердым телом, области генерации различных сигналов. Схема микроскопа. Электронно-оптические методы анализа ЭЗМА. Типы детекторов и их особенности.

6. Современные методы оперативного контроля на металлургическом предприятии. Аналитическое оборудование современной лаборатории металлургического завода

6.1. Требования, предъявляемые к методам анализа в лаборатории современного металлургического предприятия .

7. Современные методы определения газообразующих примесей в металлах и сплавах. Определение методом высокотемпературной экстракции в несущем газе. Принципы метода, типы детекторов и калибровка.

7.1 Определение кислорода и азота в металлах и сплавах. Физико-химические принципы определения и аппаратура. Фракционный газовый анализ.

7.2 Определение серы и углерода в металлах и сплавах. Физико-химические принципы определения и аппаратура.

7.3 Определение водорода в металлах и сплавах. Физико-химические принципы определения и аппаратура .

8. Современные возможности металлографических исследований изделий из металлов и сплавов .

8.1. Металлографический анализ, методики и аналитическое оборудование. Объекты изучения. Макро и микроструктура. Методика металлографического анализа. Оборудование для резки металла и приготовления шлифов. Возможности современных оптических микроскопов, системы анализа изображений. Микротвердость и микротвердомеры.

### **Литература для подготовки по дисциплине**

#### **7.1. Основная литература**

1. Сталь на рубеже столетий / Под. редакцией Карабасова Ю.С. М: «МИСИС». 2001. 664 с
2. Григорян В.А., Белянчиков Л.Н., Стомахин А.Я. Теоретические основы электросталеплавильных процессов. М.: Металлургия. 1987. 272с.
3. Гольштейн М.И., Грачев С.В., Векслер Ю.Г. Специальные стали. М: «МИСИС». 1999. 407 с.
4. Котляр Ю.А., Меретуков М.А., Стрижко Л.С. Металлургия благородных металлов. Учебник для вузов в 2-ух книгах. М.: МИСиС: Руда и металлы, 2005 г.
5. Зеликман А.Н., Коршунов Б.Г. Металлургия редких металлов – М.: Металлургия, 1991, 431 с.
6. Николаев И.В., Москвитин В.И., Фомин Б.А. Металлургия легких металлов. Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1997.
7. Григорович В.К. Металлическая связь и структура металлов. М. Наука.1988. 295 с.

#### **Дополнительная литература**

1. Явойский В.И. Теория процессов производства стали. М.: Металлургия, 1985.
2. Юсфин Ю.С., Гиммельфарб А.А., Пашков А.Ф. Новые процессы получения металла. Металлургия железа. Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1994.
3. Тарасов А.В. Металлургия титана. М.: Академкнига, 2003.
4. Масленицкий И.Н., Чугаев Л.В. Металлургия благородных металлов М.: Металлургия, 1987.

Методические материалы разработал

Доктор технических наук,  
чл.-корр. РАН

К.В. Григорович