

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Металлургии цветных металлов»

УТВЕРЖДЕНА:

на заседании кафедры металлургии цветных металлов

Протокол №9 от 14 февраля 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО»

Направление: 22.03.02 Металлургия

Электрометаллургия алюминия

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной подписью Составитель программы: Кузьмин Михаил Петрович Дата подписания: 03.06.2025

Документ подписан простой электронной подписью Утвердил и согласовал: Немчинова Нина Владимировна Дата подписания: 03.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Литейное производство» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКС-4 Способность осуществлять, анализировать и корректировать процессы металлургической переработки металлосодержащих руд и вторичного сырья, а также получения первичного алюминия и(или) производства обожженных анодов и(или) литейного производства	ПКС-4.8, ПКС-4.9
ПКС-7 Способность осуществлять расчеты материальных потоков, балансов процессов и/или элементов конструкций оборудования при проектировании цехов электролиза/литья и(или) анодных фабрик	ПКС-7.1

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКС-4.8	Демонстрирует способность осуществлять технологические процессы электролизного производства алюминия и(или) литейного производства и(или) производства обожженных анодов	Знать основы технологических процессов производства отливок и другой продукции из алюминиевых сплавов; Уметь контролировать технологические процессы плавки, дегазации, литья и горячей обработки литейной продукции; Владеть навыками выявления и определения причин получения литейной продукции ненадлежащего качества, а также определения оптимальных технологических параметров процессов плавки.
ПКС-4.9	Демонстрирует способность корректировать технологические процессы электролизного производства алюминия и(или) литейного производства и(или) производства обожженных анодов	Знать области применимости специальных видов литья для различных литейных сплавов; Уметь контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий; Владеть навыками определения видов и причин брака отливок и разработке мер их устранения.
ПКС-7.1	Выполняет расчеты балансов электро-, пирометаллургических и иных металлургических процессов, конструкций	Знать основные методы составления и расчёта материального и теплового балансов плавки поворотного

	принимаемого к установке основного и/или вспомогательного оборудования при проектировании в области электрометаллургии алюминия и(или) производства обожженных анодов и(или) и литья	миксера, применяемого в производстве алюминия и его сплавов; Уметь контролировать процесс плавки и литья алюминия и его сплавов в поворотном миксере, и контролировать показатели его работы; Владеть навыками практического применения расчётов материального и теплового балансов плавки поворотного миксера для обеспечения требуемого качества готовой продукции;
--	---	--

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Литейное производство» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Аналитическая и физическая химия», «Материаловедение», «Металлургические технологии», «Строение и свойства алюминиевых сплавов», «Теория литейных процессов»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Производственная практика: преддипломная практика»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 4 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)		
	Всего	Семестр № 7	Семестр № 8
Общая трудоемкость дисциплины	144	72	72
Аудиторные занятия, в том числе:	88	48	40
лекции	36	16	20
лабораторные работы	26	16	10
практические/семинарские занятия	26	16	10
Контактная работа, в том числе	0	0	0
в форме работы в электронной информационной образовательной среде	0	0	0
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	56	24	32
Трудоемкость промежуточной аттестации	0	0	0

Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет с оценкой, Курсовой проект, Зачет	Зачет	Зачет с оценкой, Курсовой проект
---	---	-------	----------------------------------

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 7

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Строение и свойства металлических расплавов	1	4			1	2	2	8	Устный опрос
2	Литейные свойства сплавов	2	4	1, 2	10	2	2			Устный опрос
3	Усадочные свойства сплавов	3	2	3	6	3	2	3	8	Устный опрос
4	Образование напряжений и трещин	4	4			4	2			Устный опрос
5	Неметаллические включения и газы в сплавах	5	2			5, 6	8	1	8	Устный опрос
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		16		16		16		24	

Семестр № 8

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Исходные материалы для приготовления литейных сплавов	1, 2, 3	5			1	3	3	6	Устный опрос
2	Плавка алюминиевых сплавов	4, 5, 6, 7	7	1	4	2	3	4	6	Устный опрос
3	Оборудование и технологии литейного производства алюминия	8, 9, 10	8	2	6	3	4	1, 2	20	Доклад
	Промежуточная аттестация									Зачет с оценкой, Курсовой проект
	Всего		20		10		10		32	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 7

№	Тема	Краткое содержание
1	Строение и свойства металлических расплавов	Строение и свойства металлических расплавов. Зарождение и рост кристаллов. Формирование структуры и дендритного строения сплавов. Неравновесная кристаллизация и ликвационные свойства сплавов. Взаимосвязь характера затвердевания и макроструктуры отливки с видом диаграммы состояния сплавов. Модифицирование сплавов. Влияние модифицирования и специальных способов воздействия на структуры и свойства сплавов.
2	Литейные свойства сплавов	Общая характеристика литейных свойств. Неравновесная кристаллизация и ликвационные свойства сплавов. Жидкотекучесть сплавов. Газы в литейных сплавах.
3	Усадочные свойства сплавов	Усадочные свойства сплавов. Виды усадки и усадочные дефекты. Влияние технологических факторов на усадку. Способы предотвращения усадочных дефектов и трещин.
4	Образование напряжений и трещин	Образование напряжений и трещин в отливках. Виды напряжений. Определение численных значений напряжения в отливках. Методы снятия напряжений в отливках. Трещиноустойчивость сплавов. Виды трещин, причины и особенности их образования.
5	Неметаллические включения и газы в сплавах	Неметаллические включения. Газы. Рафинирование расплава от неметаллических включений и газов. Способы и методы дегазации расплава.

Семестр № 8

№	Тема	Краткое содержание
1	Исходные материалы для приготовления литейных сплавов	Общая характеристика состава шихты. Металлические шихтовые материалы. Топливо. Флюсы. Составление и расчёт шихты, материального и теплового баланса плавки.
2	Плавка алюминиевых сплавов	Виды литейных сплавов. Легирующие вещества и модификаторы, используемые в литейном производстве алюминия. Виды и типы алюминиевых лигатур. Обработка расплава в ковше и миксере.
3	Оборудование и технологии литейного производства алюминия	Дегазация алюминиевого расплава. Миксеры в алюминиевом производстве. Производство алюминиевой чушки. Производство алюминиевой катанки. Производство крупногабаритных слитков.

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 7

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Плавка алюминия и его сплавов	4
2	Определения литейной усадки алюминия и его сплавов	6
3	Определения объёмной усадки алюминия и его сплавов	6

Семестр № 8

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Химический анализ алюминия и его сплавов	4
2	Определение молекулярного состава криолита	6

4.4 Перечень практических занятий**Семестр № 7**

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Формирование дендритного строения алюминиевых сплавов	2
2	Методы определения жидкотекучести сплавов	2
3	Способы предотвращения возникновения усадочных дефектов	2
4	Горячие и холодные трещины в отливках	2
5	Рафинирование расплава от неметаллических включений и газов	4
6	Дефекты при производстве продукции из алюминия и алюминиевых сплавов	4

Семестр № 8

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Составление и расчёт шихты, материального и теплового баланса плавки	3
2	Виды и типы алюминиевых лигатур	3
3	Устройство и эксплуатация машины полунепрерывного литья слитков	4

4.5 Самостоятельная работа**Семестр № 7**

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Подготовка к зачёту	8
2	Подготовка к практическим занятиям	8
3	Подготовка к практическим занятиям	8

	(лабораторным работам)	
--	------------------------	--

Семестр № 8

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Написание курсового проекта (работы)	10
2	Подготовка к зачёту	10
3	Подготовка к практическим занятиям	6
4	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	6

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: Дискуссия, мозговой штурм

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по курсовому проектированию/работе:

Курсовой проект предполагает проведение расчёта теплового баланса поворотного миксера.

В семестре № 7 обучающиеся выполняют следующие работы:

1.

Устройство и принцип действия поворотного миксера. В литейных цехах применяют электрические печи сопротивления в качестве миксеров большой ёмкости. Конструкция миксеров, применяемых в литейном отделении № 3 ООО ИркаЗ–СУАЛ представлена в приложениях 1, 2.

Миксер относится к электропечам сопротивления косвенного нагрева, поворотного типа. Нагрев металла в нём осуществляется при помощи девяти электронагревателей сопротивления, установленных в отверстия стенки с нагревателями. Основным узлом миксера является каркас, выполненный в форме прямоугольного параллелепипеда, который подвешен на кронштейнах поворота и кронштейнах подъема и в нижнем положении опирается балкой подины фронта на опоры. На одной торцевой стенке расположен карман заливочный, который закрывается крышкой заливочного кармана, оснащенной механизмом подъема с приводом от пневмоцилиндра. На другой торцевой стенке, установлена термопара, которая погружается в жидкий металл, по направляющим механизма погружной термопары, с приводом от пневмоцилиндра и площадка для обслуживания термопары. Слив металла осуществляется через отверстие в стенке с нагревателями (где закреплены детали и узлы раздаточной лётки), за счет поворота миксера двумя гидроцилиндрами, закрепленными нижней частью на кронштейнах, связанных с фундаментом, и цапфами на корпусе гидроцилиндра с кронштейнами подъема, закрепленными на балке подины фронта. Напротив стенки с нагревателями, расположен проем рабочего окна с обрамлением. Рабочее окно закрывается дверью. Открывание и закрытие двери производится за счет её движения вверх, вниз при помощи гидравлических цилиндров, цепей и вала подъема двери, синхронизирующего работу гидравлических цилиндров. За счет отклоняющихся балок, закрепленных на колоннах, и роликов, закрепленных на двери и входящих в пазы отклоняющихся балок, дверь двигается по сложной траектории. При закрытии, в нижнем положении, дверь прижимается к обрамлению, пневмоцилиндрами поджима, при открытии – отжимается. Над проемом рабочего окна установлен тепловой экран и вытяжной зонт. Внутреннее

пространство каркаса миксера футеруется огнеупорным материалом. Миксер комплектуется магнитогидродинамический перемешивателем, который устанавливается в днище с гнездом под МГД.

Предусматривается два варианта исполнения миксера – правое и левое.

Расчет ведется исходя из следующих данных:

–технологическое время заливки, отстоя металла, снятия шлака

$\tau_{\text{зал}} = 18000 \text{ с};$

–масса перерабатываемого материала, $m = 60000 \text{ кг};$

(масса заливаемого металла $m_{\text{ж}} = 51800 \text{ кг};$ масса твердой шихты (max 13% от плавки) $m_{\text{ш}} = 8100 \text{ кг};$ масса флюса $m_{\text{ф}} = 100 \text{ кг};$

–температура заливаемого металла: $T_{\text{мз}} = 1073 \text{ К}, (800^\circ\text{C});$

–температура разливаемого металла, $T_{\text{раз}} = 1023 \text{ К}, (750^\circ\text{C});$

–температура образования шлака в области форкамер, $T_{\text{шл}} = 1003 \text{ К}, (730^\circ\text{C});$

–температура окружающего воздуха, $T_{\text{окр}} = 298 \text{ К}, (25^\circ\text{C});$

–объём форкамеры: $(a \cdot h \cdot \delta) = 8,3 \cdot 1,5 \cdot 0,75 = 9,34 \text{ м}^3;$

–время нахождения форкамеры в открытом состоянии, $\tau_0 = 8 \text{ мин.};$

–площадь заливочного кармана: $S_{\text{к}} = (a \cdot b) = 1 \cdot 2 \text{ м}^2;$

–относительная погрешность измерений, $E = 0,02.$

Приходные статьи баланса

1. Тепло выделяющееся от МГД-перемешивателя в металле, $Q_{\text{МГД}}$:

По данным практики принимаем количество теплоты, выделяющееся от МГД-перемешивателя в металле равными $Q_{\text{МГД}} = 5,91 \text{ кВт}$ [27].

2. Физическое тепло исходного металла, $Q_{\text{Алзал}}$:

Определим теплоту, поступающую в миксер с заливаемым металлом:

$$Q_{\text{Алзал}} = (1 / \tau_{\text{зал}}) \cdot c_{\text{Алзал}} \cdot m_{\text{Алзал}} \cdot \tau_{\text{зал}}, \quad (1)$$

где $\tau_{\text{зал}}$ – время заливки, отстоя, снятия шлака, с;

$m_{\text{Алзал}}$ – масса заливаемого металла, кг;

$c_{\text{Алзал}}$ – удельная теплоёмкость заливаемого металла, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ [9];

$\tau_{\text{зал}} = 800 \text{ оС}$ – температура заливаемого металла..

Расходные статьи баланса

1. Потери тепла через поверхности миксера, $Q_{\text{пот}}$:

Теплопотери через поверхности конструкций миксера рассчитываются в разделе по формуле:

$$Q_{\text{пот}} = \Sigma Q = Q_{\text{св}} + Q_{\text{ст}} + Q_{\text{п}} \quad (2)$$

2. Тепловые потери через открытую форкамеру, $Q_{\text{ф.о}}$:

$$Q_{\text{ф.о}} = C_0 \cdot F_{\text{ф.о}} \cdot F_{\text{ф.о}} \cdot [(T_{\text{ф.}} / 100)^4 - (T_{\text{окр.}} / 100)^4] \cdot \tau_0 / 60 \cdot 10^{-3}, \quad (3)$$

где C_0 – коэффициент излучения абсолютно черного тела, принимается равным $5,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$;

$F_{\text{ф.о}}$ – коэффициент диафрагмирования;

$F_{\text{ф.о}}$ – теплоотдающая поверхность открытой форкамеры – $(a \cdot h)$, м;

$T_{\text{ф.}}$ – температура рабочего пространства в районе форкамеры, К;

$T_{\text{окр.}}$ – абсолютная температура окружающего воздуха, К;

τ_0 – время нахождения форкамеры в открытом состоянии, мин.

Определим коэффициент диафрагмирования:

$$F_{\text{ф.о}} = 0,5 \cdot (1 + \varphi), \quad (4)$$

где φ – угловой коэффициент излучений, который вычисляют из соотношения:

$$\varphi = L / (L + \delta). \quad (5)$$

В данной формуле L – эффективная толщина излучающего слоя, м;

δ – толщина стенки, м.

При размерах форкамеры (a, h) и толщине стенки δ , определим эффективную толщину

излучающего слоя:

$$L = 2 \cdot a \cdot h \cdot \delta / [(a \cdot \delta) \cdot (h \cdot \delta)] \quad (6)$$

Определим угловой коэффициент излучения по формуле (4):

$$\varphi = L / (L + \delta) \quad (6)$$

Определим коэффициент диафрагмирования по формуле (5):

$$\Phi = 0,5 (1 + 0,76) = 0,28$$

Тогда теплота, теряемая через открытую форкамеру рассчитывается через формулу (3).

3. Потери тепла с открытой поверхности заливочного кармана, Q_k :

$$Q_k = C_0 \cdot E \cdot \varphi' \cdot S_k \cdot [(T_{шл} / 100)^4 - (T_{окр} / 100)^4] \cdot 10^{-3} \quad (6)$$

где C_0 – коэффициент излучения абсолютно черного тела, Вт/(м²К);

E – степень черноты расплава, принимается равной 0,12;

φ' – угловой коэффициент излучения, принимается равным 1;

S_k – поверхность кармана – ($a \cdot b$), м;

$T_{шл}$ – температура образования шлака в области форкамеры, принимается равной 1003 К, (730°C);

$T_{окр}$ – температура окружающего воздуха – 298К, (25°C).

4. Потери тепла с удаляемыми из миксера газами, $Q_{газ}$:

По данным практики Иркутского алюминиевого завода принимаем потери теплоты с удаляемыми из миксера газами равными $Q_{газ} = 25,8$ кВт.

5. Потери тепла с водой, охлаждающей МГД – перемешиватель, Q_v :

$$Q_v = m_v \cdot C_v \cdot \Delta T_v \quad (7)$$

где m_v – массовый расход воды на охлаждение индуктора, кг/сек;

C_v – удельная теплоемкость воды, кДж/(кг·К);

ΔT_v – разность температур воды на выходе и входе, К.

6. Физическое тепло разливаемого металла, $Q_{Alраз}$:

Количество теплоты, уносимое из миксера с разливаемым металлом $Q_{Alраз}$, кВт, определяется по формуле (1), с учетом продолжительности технологического процесса приготовления расплава ($\tau = 18000$ с) и удельной теплоёмкости разливаемого металла ($c_{Alраз} = 1,23$ кДж/(кг·К)).

7. Количество теплоты, необходимое на образование шлака, $Q_{шл}$:

Количество теплоты, необходимое на образование шлака принимается, исходя из данных практики равным 5,7 кВт. При этом учитывается, что температура образования шлака в области форкамер $T_{шл} = 1003$ К, (730°C).

$$Q_{шл} = 5,7 \text{ кВт}$$

8. Теплота, необходимая для приготовления сплава, $Q_{сплав}$:

Количество теплоты, необходимое на приготовление сплава принимается, исходя из данных практики, равным 33 кВт.

$$Q_{сплав} = 33 \text{ кВт}$$

Таким образом, суммарная мощность (Q , кВт) миксера с коэффициентом запаса $k = 1,16$, составляет:

$$Q = 1,16 \cdot (Q_{Alзал} + Q_{МГД} - Q_{пот} - Q_{сплав} - Q_{ф.о} - Q_k - Q_{газ} - Q_v - Q_{Alраз} - Q_{шл}).$$

5.1.2 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Цель

Формирование в ходе занятий компетенций, развитие понимания литейных свойств алюминия и его сплавов, а также литейного производства.

Задание на СРС

Изучить основную и дополнительную литературу по теме предстоящего практического

занятия.

Рекомендации к выполнению задания

При подготовке к практическому (семинарскому) занятию следует в первую очередь рассмотреть вопросы по теме занятия. При подготовке к практическим занятиям необходимо проработать литературу, указанную преподавателем, в объеме изучаемой темы. Самостоятельное изучение разделов курса производится с использованием литературных источников и интернет-ресурсов.

Рекомендуемый график выполнения отдельных этапов СРС

Обучающийся знакомится с РПД, в которой указан перечень практических занятий и рекомендуемая основная и дополнительная литература.

Критерии оценки качества выполнения работы

Активная работа обучающегося на практическом занятии.

5.1.3 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Лабораторные работы предполагают проведение лабораторных исследований плавки алюминия и его сплавов, а также определение основных литейных свойств металла.

В семестре № 7 обучающиеся выполняют четыре вида лабораторных работ:

Лабораторная работа № 1

Плавка алюминия и алюминиевых сплавов

Цель работы: знакомство с теорией и практикой заготовительно-рафинировочной плавки алюминия и его сплавов.

Содержание задания: сведения об используемых шихтовых и флюсовых материалах, рекомендации по технологии плавки, составу и количеству конечного сплава.

Перечень оборудования и материалов: муфельная шахтная печь с вертикальной загрузкой; электронный регистратор Параграф–PL20; термопреобразователь термоэлектрический (хромель-алюмель) ДТПК 125-0114.250; нагреватели для сушки шихты и флюсов, вспомогательное оборудование для брикетирования мелких отходов и измельчения флюсов, лабораторный микроскоп и химико-аналитическое оборудование.

Теоретические положения

Извлекаемый из электролизных ванн так называемый сырой алюминий содержит примеси электроположительных элементов, перешедшие из сырья, и неметаллические включения.

К последним относят электролит, тугоплавкие соединения и растворенные газы.

Металлические примеси можно удалить только при помощи специального рафинирования. Удаление неметаллических включений производится путем переплавки.

Наличие примесей в сыром алюминии неизбежно, так как во время выпуска из ванны вместе с ним увлекается электролит, а сам металл содержит растворенные газы и карбид алюминия, что является следствием процессов, происходящих внутри электролизера.

Кроме того, окисление алюминия воздухом в момент выпуска приводит к его загрязнению оксидом.

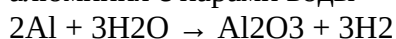
Алюминий, используемый для механической обработки (прокатки и волочения), должен быть особенно чистым и подлежит обязательной переплавке. Если алюминий не предназначается для обработки, а идет на изготовление сплавов, то он может переплавляться в момент их приготовления и по месту производства.

Плавка большинства алюминиевых сплавов не доставляет затруднений. Легирующие компоненты, за исключением магния, цинка, а иногда и меди, вводят в виде лигатуры.

При выплавке небольших порций литейных сплавов в тигельных печах флюсы, как правило, не применяют, но при использовании пламенных печей они необходимы.

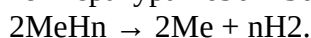
Обязательной операцией является рафинирование от неметаллических включений и растворенного водорода. Наиболее сложна плавка алюминиево-магниевого и многокомпонентных жаропрочных сплавов.

Загрязнение алюминиевых сплавов неметаллическими включениями объясняется повышенной склонностью алюминия к газопоглощению при температурах плавки, а также высокой химической активностью алюминия и некоторых легирующих элементов, входящих в состав этих сплавов. При взаимодействии жидкого алюминия с топливными газами пламенных печей и влагой, вносимой шихтой, расплав насыщается водородом, растворимость которого увеличивается с ростом температуры. Реакция взаимодействия алюминия с парами воды

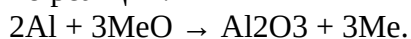


начинается при очень малых значениях парциального давления H_2O ($P_{(\text{H}_2\text{O})} = 2,6 \cdot 10^{-19}$ ат при 1000 К). Значительное количество водорода вводится в расплав с лигатурами, содержащими гидридообразующие металлы (титан, цирконий и др.).

Гидриды металлов имеют переменный химический состав и активно диссоциируют при температурах 690–730 °С с выделением водорода:



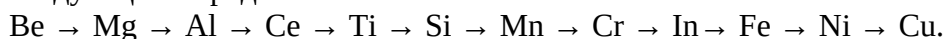
Высокая химическая активность алюминия (большое сродство к кислороду) приводит к повышенной окисляемости расплава и загрязнению его оксидом. Кроме того, алюминий является восстановителем по отношению к оксидам большинства металлов. Это вызывает активное взаимодействие алюминия с оксидами, входящими в состав футеровки и тиглей, по реакции:



В основном, неметаллические включения (твердые и газообразные) попадают в расплав из шихтовых материалов, а насыщение ими происходит затем в процессе плавки и разлива сплавов.

Газы, попавшие в сплав, образуют растворы или химические соединения. Растворенные газы при охлаждении отливок являются источником газовой пористости. При понижении температуры растворимость газов в жидком алюминии уменьшается, но при этом растет вязкость сплава, что затрудняет отделение пузырьков. Неметаллические включения располагаются преимущественно по границам зерен, нарушая связь между ними, снижая прочность, герметичность и коррозионную стойкость отливок.

В нисходящем ряду химической активности, по величине стандартного сродства к кислороду при образовании оксидов, основные легирующие элементы располагаются в следующем порядке:



Этот ряд показывает, что у большинства алюминиевых сплавов оксидная пленка будет состоять в основном из Al_2O_3 . Сплошность этой пленки зависит от отношения молекулярных объемов оксида и металла, из которого он образовался, $V_{\text{ок}}/V_{\text{мет}}$. Если $V_{\text{ок}}/V_{\text{мет}} \approx 1$, то оксидная пленка будет сплошной и дальнейшее окисление зависит только от скорости диффузии кислорода в глубь металла (правило Пиллинга – Бэдвордса). Растворимость кислорода в алюминии очень мала, а отношение $V_{\text{ок}}/V_{\text{мет}} \approx 1$, поэтому оксидная пленка на поверхности алюминиевого сплава является сплошной и хорошо защищает его от окисления.

Перед плавкой основные шихтовые материалы подвергают следующей обработке:

- тщательной очистке чушковых материалов, лигатур и отходов от следов коррозии, и масла;
- предварительной переплавке мелких отходов (стружки, сплесок и т.д.) и разливе в чушки;
- просушке для удаления гигроскопичной влаги;
- отбраковке посторонних материалов.

Загрузка шихты в плавильную печь выполняется в определенной последовательности: сначала вводят чушковый алюминий и крупногабаритные отходы, затем переплав и лигатуры (чистые металлы). В жидкий металл при температуре не выше 730 С разрешается загружать сухую стружку и малогабаритный лом. Максимально допустимый перегрев для литейных сплавов 800–830 С, а для деформируемых 750–760 С.

Режим плавки (температура, время расплавления) является важным фактором, влияющим на газонасыщенность сплава. В интервале температур 660–750 С растворимость водорода в алюминиевых сплавах примерно 0,5–1,0 см³/100 г. Повышение температуры, а также увеличение времени выдержки расплава в печи приводит к значительному увеличению растворимости водорода. Поэтому сокращение времени плавки и минимально необходимый перегрев расплава (на 50 С выше температуры литья) рекомендуются для технологии приготовления любого алюминиевого сплава.

Защитно-покровные флюсы применяют, как правило, при переплавке стружки и мелких отходов. Такие флюсы состоят из смеси галоидных солей щелочных и щелочно-земельных металлов и являются пассивными как по отношению к газам печной атмосферы, так и по отношению к металлам, образующим сплав. Фтористые соли повышают поверхностное натяжение флюса на границе с расплавом и способствуют отделению флюса.

Покровный флюс (2–3 % от массы шихты) сразу же после загрузки шихты в печь засыпается на ее поверхность. Флюс предохраняет поверхность расплава от окисления и взаимодействия с газами печной атмосферы.

Соли, входящие в состав флюсов, следует предварительно просушивать при температуре 150–200 С (для удаления гигроскопической влаги) и размалывать.

Широкое применение нашли покровно-рафинирующие флюсы с повышенным содержанием фторидов. Эти флюсы не только защищают расплав от воздействия атмосферы, но и способствуют его дегазации и очистке от оксидных включений.

Рафинирующее воздействие флюсов заключается в том, что они способны адсорбировать до 10 % (масс.) оксида алюминия. При этом происходит и дегазация расплава, так как водород, образующий комплексы с оксидом алюминия, удаляется вместе с частицами Al₂O₃. Основной рафинирующей солью большинства флюсов является криолит Na₃AlF₆. Сплавы с повышенным содержанием магния в качестве неметаллических включений содержат, в основном, оксид магния, на который криолит не оказывает адсорбирующего воздействия. MgO хорошо адсорбируется хлористым магнием, поэтому рафинирование сплавов на основе системы Al–Mg производится флюсом, содержащим карналлит MgCl₂ KCl.

Покровно-рафинирующий флюс (таблица 1.1) в количестве 0,1–0,2 % от массы шихты засыпается на поверхность расплава. При температуре рафинирования производится замешивание флюса вглубь расплава для более полного взаимодействия с металлом. Время замешивания и последующего отстаивания расплава под флюсом устанавливается опытным путем.

Все адсорбционные методы рафинирования обладают одним общим недостатком: рафинирующие газы практически не могут охватить весь объем рафинируемого металла и очищают только те участки расплава, через которые они проходят.

Особую группу составляют универсальные флюсы, оказывающие одновременно защитное, рафинирующее и модифицирующее воздействие на сплавы.

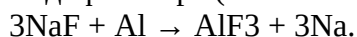
Введением в расплав небольших количеств металлов или их лигатур органических или неорганических соединений можно существенно повлиять на процесс кристаллизации сплавов. В зависимости от природы и количества модификаторов, а также скорости кристаллизации можно достигнуть значительного измельчения зерен твердого раствора основы сплава или первичных кристаллов вторых фаз, или эвтектики, или всей структуры сплава. Например, сплавы, содержащие более 7 % кремния; после рафинирования перед

разливкой в формы рекомендуется подвергать модифицированию для получения мелкозернистого строения эвтектики.

$\alpha + \text{Si}$ с целью повышения механических свойств сплавов. Для модифицирования эвтектики применяется натрий, который обычно вводится в сплав из смеси галоидных солей натрия и калия.

При оптимальном содержании в сплаве натрия (0,08–0,1 %) из жидкости кристаллизуется тройная эвтектика. При этом фазой, ведущей кристаллизацию тройной эвтектики, является алюминий. Дендриты алюминия захватывают в процессе роста кристаллы кремния. В отличие от двойной эвтектики $\alpha + \text{Si}$, где кремний кристаллизуется в грубой, пластинчатой форме, в тройной эвтектике $\alpha + \text{Si} + \text{NaAlSi}_4$ он кристаллизуется в виде мелких округлых частиц, что способствует повышению прочности и особенно пластичности сплава.

Введение в расплав натрия осуществляется при взаимодействии плавящегося модификатора (смеси солей) с расплавом по реакции



Предварительно переплавленный, размолотый и просеянный модификатор в количестве 1,5–2 % от массы шихты насыпается на поверхность расплава. Расплав выдерживается под флюсом в течение 10–12 мин. Затем флюс замешивается в расплав на глубину 100–150 мм в течение 2–3 мин. Время после окончания модифицирования до конца разливки сплава не должно превышать 25–30 мин во избежание выгорания натрия.

Применение тройного модификатора (62,5 % NaCl, 25 % NaF и 12,5 % KCl) позволяет снизить температуру модифицирования до 725–740 С.

Лабораторная работа № 2

Исследование линейной усадки алюминия и его сплавов

Цель работы: выявление закономерностей изменения линейных размеров отливки в процессе затвердевания и охлаждения.

Содержание задания: установить значение линейной усадки литейного сплава по результатам заливки пробы с регистрацией изменения ее линейных размеров и температуры.

Перечень оборудования и материалов: муфельная шахтная печь с вертикальной загрузкой; электронный регистратор Параграф–PL20; термопреобразователь термоэлектрический (хромель-алюмель) ДТПК 125-0114.250; установка для определения линейной усадки (или набор стальных изложниц прямоугольной формы, позволяющих зафиксировать изменение линейных размеров отливки после её выбивки, логарифмическая линейка и штангенциркуль), химико-аналитическое оборудование.

Теоретические положения

Линейная усадка, т.е. изменение линейных размеров отливки, начинается с момента образования непрерывного скелета твердой фазы в наружных слоях отливки и является следствием объемных изменений, сопровождающих затвердевание и охлаждение металла, а также его фазовые и структурные превращения в твердом состоянии.

В начальный период после заливки металла в форму наблюдается предусадочное расширение ϵ_p отливки, вызываемое выделением при затвердевании металла фаз с удельным объемом, превышающим удельный объем основной металлической массы (растворенных в металле газов, интерметаллидов графита в чугунах и т.д.).

Наиболее универсальным механизмом предусадочного расширения, свойственным всем видам сплавов, является выделение газов, растворимость которых при кристаллизации резко уменьшается.

Усилие, развиваемое при выделении этих фаз, вначале превышает прочность металла,

находящегося в твёрдо-жидком состоянии, и вызывает пластическое увеличение его объема. При понижении температуры значительно возрастает прочность металла, вследствие чего расширение отливки достигает максимума и сменяется усадкой, вызываемой термическим сжатием. С момента, когда прекращаются процессы, связанные с расширением отливки, зависимость усадки ϵ от температуры t становится линейной (рис. 2.1, б), так как подчиняется известному закону термического сжатия $\Delta l = T l_0 \Delta t$, $\epsilon_{отн} = \Delta l / l_0 = T \Delta t$, где Δl – изменение линейных размеров отливки при изменении температуры на Δt , l_0 – начальные размеры отливки; T – коэффициент усадки, близкий по смыслу коэффициенту термического сжатия; $\epsilon_{отн}$ – относительная линейная усадка отливки. Эта закономерность может быть нарушена механическим торможением усадки из-за сопротивления формы при наличии выступающих частей, внутренних полостей и т.д., а также термическим торможением усадки в результате неравномерного охлаждения различных элементов фасонной отливки. В образцах, используемых для исследования линейной усадки, механическое и термическое торможение усадки стремятся сделать пренебрежимо малым, поэтому отклонение зависимости $\epsilon(t)$ от линейного характера свидетельствует о протекании структурных и фазовых превращений.

В сплавах, претерпевающих в твердом состоянии фазовые превращения (например, $\gamma\text{-Fe} \rightarrow \alpha\text{-Fe}$ в стали и чугуна), сопровождающиеся изменением объема, по достижении температуры фазового перехода усадка металла ϵ_{γ} , сменяется расширением ϵ_{α} и (рис. 2.1, а, б), величина которого определяется объемным эффектом превращения. После завершения превращения продолжается усадка металла в новом фазовом состоянии ϵ_{α} с иным коэффициентом усадки T . Изменение размеров отливки прекращается после полного ее охлаждения до температуры окружающей среды, т.е. после прекращения температурных изменений.

Литейной усадкой $\epsilon_{лит}$ называют выраженное в процентах изменение размеров отливки после полного охлаждения $l_{отл}$ по сравнению с начальными размерами залитой металлом полости формы (размерами модели $l_{мод}$).

$\epsilon_{лит} = (l_{мод} - l_{отл}) / l_{отл} \cdot 100\%$.

Знание этой характеристики позволяет определить требуемые размеры модели $l_{мод}$ для получения отливки заданного размера $l_{отл}$. Значение полной усадки $\epsilon_{п}$ и литейной усадки $\epsilon_{лит}$, является суммарным итогом развития процессов расширения и усадки в различных температурных интервалах, в связи с чем имеет важное значение исследование закономерностей линейной усадки в зависимости от состава сплавов и условий охлаждения отливок. Знание коэффициентов усадки T , и значения усадки (расширения) по этапам необходимо для оценки условий образования горячих трещин и усадочных пустот, усадочных, термических и фазовых напряжений.

Для определения линейной усадки используются различные по своим размерам и конфигурации образцы и разнообразные средства регистрации линейных изменений отливок.

Конфигурация и размера образца, а также методика измерений при определении линейной усадки цветных сплавов установлены ГОСТ 16817-71, согласно которому может быть использована как песчаная, так и металлическая форма. Проба представляет собой призматический образец сечением 25×25 мм и длиной 130 мм с выемками с обоих концов. В результате усадки при затвердевании образец перемещает подвижную часть формы, что фиксируется стрелочным индикатором 2.

Принципиальной особенностью обычно используемых образцов для исследования линейной усадки является неравномерное распределение температуры в объеме образца, и особенно по длине бруска, в связи с чем различные участки отливки могут одновременно претерпевать усадку и расширение, а получаемая экспериментальная кривая $\epsilon(t)$ отмечает

суммарный эффект линейных изменений в отливке. По этой же причине изменения температуры в какой-либо точке (например, в геометрическом или термическом центре образца) не могут быть прямо поставлены в соответствие с усадкой отливки. Эти обстоятельства нужно иметь в виду при сопоставлении экспериментальных данных об изменении температуры и линейных размеров образца.

Лабораторная работа № 3

Исследование объёмной усадки и усадочных пустот в отливках

Цель работы: изучение закономерностей формирования усадочных раковин и пор в отливке.

Задачи работы:

1. Исследовать влияние объема усадочных пустот от температуры заливки путем заливки специальных технологических проб.

Выявить размеры и расположение усадочных пустот в отливках, заливаемых модельным составом.

Рассчитать форму и расположение открытой усадочной раковины в отливке при графоаналитическом решении задачи о продвижении зоны затвердевания.

Перечень оборудования и материалов: муфельная шахтная печь с вертикальной загрузкой; электронный регистратор Параграф–PL20; термопреобразователь термоэлектрический (хромель-алюмель) ДТПК 125-0114.250.

Теоретические положения

Усадочные пустоты возникают в отливках в период снятия перегрева расплава и его затвердевания в результате сокращения объема металла при охлаждении в жидком состоянии, а также во время фазового перехода из жидкого состояния в твердое при условии, что плотность расплава меньше плотности твердого металла вблизи температуры плавления (отрицательный объемный эффект при затвердевании). Как правило, при затвердевании объем металлов уменьшается, но в некоторых случаях (Sb, Bi, Ga и др.) – увеличивается.

Общий относительный объем усадочных пустот в отливках v_y , определяется

$$v_y = V_y / V_0 = \varepsilon_{VЖ} + \varepsilon_{(VЗ)} + \varepsilon_{VT} \mp \varepsilon_{Vотл}, \quad (3.1)$$

где V_y – объем усадочных пустот, V_0 – объем отливки, $\varepsilon_{VЖ}$ – относительное изменение объема отливки при охлаждении жидкости, $\varepsilon_{(VЗ)}$ – относительное изменение объема отливки при затвердевании, ε_{VT} – относительное изменение объема отливки при полиморфных превращениях в твердом состоянии, $\varepsilon_{Vотл}$ – относительное изменение объема отливки вследствие сокращения наружных размеров отливки в период затвердевания и уменьшения размеров внутренней полости, затянутой усадочной пустотой и еще не затвердевшим металлом (знак «+» отвечает предудачному расширению отливки).

Усадка жидкого металла $\varepsilon_{VЖ} = -\frac{VЖ \Delta t_{Ж}}{V_0}$ входит в объем усадочных пустот v_y , только после начала затвердевания, т.е. с момента появления наружной корки. При высокой интенсивности теплоотвода корка образуется сразу после заливки, поэтому $\varepsilon_{VЖ}$ соответствует полному перегреву металла при заливке ($\Delta t_{Ж} \approx \Delta t_{пер}$). В условиях малой интенсивности теплоотвода наружная корка формируется лишь после снятия перегрева, поэтому практически вся усадки жидкого металла проявляется лишь в опускании уровня расплава до начала затвердевания, т.е. оказывается внешней по отношению к отливке и не входит в объем образующихся внутренних усадочных пустот ($\Delta t_{Ж} \approx 0$).

Влияние скорости заливки металла определяется тем, в какой мере происходит

охлаждение и затвердевание заливаемого в форму металла за время заполнения формы, так как поступление жидкого металла компенсирует происходящую при этом усадку. Чем выше интенсивность теплоотвода и больше продолжительность заливки, тем меньше образующийся объем усадочных пустот.

Усадка металла $\epsilon_{(VЗ)}$ сосредоточена в зоне затвердевания, ограниченной поверхностями ликвидуса и солидуса.

Поступление жидкого металла из центральной зоны отливки частично компенсирует эту усадку, в результате чего понижается уровень расплава и образуется концентрированная усадочная раковина v_p ; некомпенсированная усадка вызывает формирование рассеянной усадочной пористости $v_{п}$:

$$v_y = v_p + v_{п}. \quad (3.2)$$

Соотношение между v_p и $v_{п}$ определяется шириной зоны затвердевания ψ и условиями перемещения (фильтрации) жидкого металла между растущими кристаллами. Склонность сплава при определенных условиях затвердевания к образованию раковин (пористости), оцениваемая отношение $v_p/v_y = v_p/(v_p + v_{п})$, является весьма важной характеристикой, позволяющей правильно выбрать режим затвердевания (направленного или одновременного) и технологические средства управления им (напуски, утепляющие смеси и холодильники, прибыли, тип литниковой системы и режим заливки формы, температуру заливки и т.д.).

При полиморфных превращениях в твердом состоянии, когда происходит изменение типа и размеров кристаллической решетки, наблюдается скачкообразное изменение размеров тела, проявляющееся либо в сжатии, либо в расширении, что учитывается в (3.1)

слагаемым ϵ_{VT} . Эти процессы приводят также к возникновению фазовых напряжений в отливке и могут сопровождаться появлением другого типа дефектов – трещин.

Для определения рациональной конструкции отливки и оптимальных размеров прибылей, применяемых для создания режима направленного затвердевания, необходимо знать не только относительный объем v_p , но также положение и размеры усадочной раковины в отливке.

При продвижении зоны затвердевания (поверхность солидуса) на величину $d\xi$ происходит усадка сплава:

$$dV\xi = \epsilon_V F_{кр} d\xi, \quad (3.3)$$

где $F_{кр}$ – площадь поверхности солидуса в отливке; ϵ_V – усадка металла, вызывающая образование концентрированной усадочной раковины.

Соответствующее понижение уровня расплава dh вызывает прирост объема усадочной раковины

$$dV_p = F_z dh \quad (3.4)$$

где F_z – площадь поверхности зеркала жидкого металла.

Приравнявая (10.3) и (10.4), получим дифференциальное уравнение

$$dh = \epsilon_V (F_{кр}(\xi))/(F_z(\xi)) d\xi, \quad (3.5)$$

интегрирование которого позволяет определить конфигурацию и общую глубину усадочной раковины H_p , необходимую для правильного выбора высоты прибыли $H_{п}$ из условия $H_{п} = H_p/\sigma$ в коэффициентом запаса σ ($\sigma = 0,75$).

Определение v_p и $v_{п}$ с помощью технологической пробы. Для исследования усадочных

характеристик сплавов и их склонности к образованию усадочных раковин и пористости используются различные технологические пробы.

Основное назначение этих проб – получение открытой сверху концентрированной усадочной раковины, определение объема которой V_p производится путем заливки жидкостью (водой, керосином) из мерной бюретки. С этой целью пробы имеют, как правило, коническую форму (рис. 3.3), которая способствует созданию направленного затвердевания (снизу-вверх). Чтобы избежать, опускания уровня жидкого металла после заливки, в пробе, используемой в лабораторной работе, устанавливается тонкое чугунное кольцо 1. Образующаяся сверху начальная корка твердого металла фиксирует уровень, до которого заливается усадочная раковина при измерении ее объема. Стержень 2 из песчано-масляной смеси с добавлением древесных опилок обеспечивает замедленный теплоотвод от верхней поверхности пробы после быстрого прогрева холодильника. Для определения общего объема пустот V_y необходимо найти объем пробы (отливки) V_o и объем плотного металла V_m в пробе, разность которых равна $V_y = V_p + V_{п} = V_o - V_m$. Определение V_o проводят на основе закона Архимеда методом гидростатического взвешивания пробы в жидкости $P_{ж}$ с известной плотностью $\rho_{ж}$ и на воздухе P_v :

$$V_o = (P_v - P_{ж}) / \rho_{ж} . \quad (3.6)$$

Из нижней, наиболее плотной, части пробы отрезают образец для определения плотности металла ρ_m , не содержащего усадочных пустот (также методом гидростатического взвешивания), после чего находят величину V_m расчетом

$$V_m = P_v / \rho_m , \quad (3.7)$$

откуда с учетом (3.6) и (3.7) $V_y = (P_v - P_{ж}) / \rho_{ж} - P_v / \rho_m$ и $V_{п} = V_y - V_p$. Результаты измерений приводят в относительных единицах (%):

$$v_y = V_y / V_o ; v_p = V_p / V_o ; v_{п} = V_{п} / V_o .$$

В семестре № 8 обучающиеся выполняют два вида лабораторных работ:

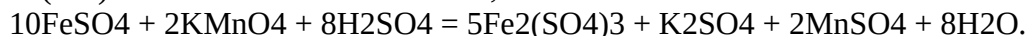
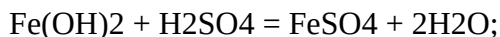
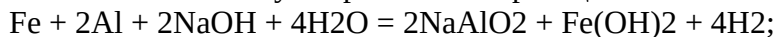
Лабораторная работа № 1. Химический анализ алюминия и его сплавов

Цель работы. Знакомство с теоретическими основами и методами анализа технического алюминия и его сплавов на основе практического выполнения химико-аналитических работ.

Основные определения, теория и технология

Анализ алюминия и его сплавов обычно сводится к определению железа, кремния, меди, магния, марганца, реже калия, натрия, цинка, кальция, никеля. Присутствие примесей в алюминии зависит от технологии производства и состава используемых материалов. Соответственно возникает необходимость контроля качества товарной продукции и оценки его соответствия требованиям ГОСТа. В производстве алюминиевых сплавов введение легирующих добавок существенно изменяет их свойства и расширяет области применения алюминия. Так, марганец повышает устойчивость к коррозии; магний снижает плотность и увеличивает прочность; кремний увеличивает прочность и улучшает литейные свойства, но уменьшает пластичность; медь увеличивает прочность и т.д. Для

сертификации товарной продукции является обязательным использование методов анализа в соответствии с требованиями ГОСТа. В лабораторной практике находят применение упрощенные методы анализа, удовлетворяющие по своим показателям (чувствительности, точности и воспроизводимости) решению поставленных задач. Определение железа. Железо осаждают при щелочном растворении в виде гидрата закиси железа, затем растворяют в серной кислоте и подвергают окислительно-восстановительному титрованию по реакциям



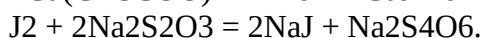
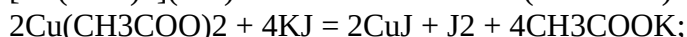
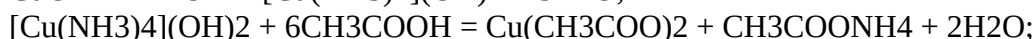
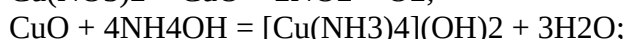
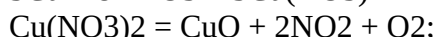
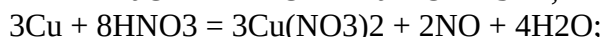
Необходимые реактивы: 20-процентный раствор едкого натра, разбавленная в отношении 1:1 серная кислота и 0,01 М раствор марганцово-кислого калия.

Порядок анализа следующий:

- 1) навеску сплава массой около 1 г поместить в коническую колбу на 500 мл;
- 2) прилить 30 мл 20-процентного раствора NaOH, закрыть колбу воронкой и растворить на холоде;
- 3) после прекращения растворения прилить в колбу 40 мл H₂SO₄, дать постоять в холоде до полного растворения гидрата закиси железа;
- 4) прилить 100-120 мл воды, две капли фосфорной кислоты и титровать 0,1 М раствором KMnO₄ до розовой окраски раствора. Если в сплаве много меди и получен темный раствор, то его перед титрованием следует быстро профильтровать через вату, закрыв колбу воронкой;
- 5) вычислить содержание железа в процентах по формуле

где V – объем KMnO₄, израсходованный на титрование, мл; T_{Fe} – титр железа по 0,01 М раствору KMnO₄, г/мл; m_{пн} – масса анализируемой навески, г.

Определение меди. Медь отделяют от алюминия в щелочном растворе, затем окисляют азотной кислотой и растворяют в аммиачном растворе. Количество растворенной меди устанавливают иодометрическим титрованием в уксусно-кислой среде. Основные реакции следующие:



Необходимые реактивы: 20-процентный раствор едкого натра, 15-процентный раствор сульфида натрия, азотная кислота, разбавленная в отношении 1:1, и ее 2-процентный раствор; аммиак, разбавленный в отношении 1:2; 15-процентные растворы уксусной кислоты и йодистого калия; 1 н раствор тиосульфата натрия.

Порядок анализа следующий:

- 1) около 1 г сплава (с точностью до 0,0002 г) растворить в 20-25 мл 20-процентного раствора NaOH, затем прибавить 100 мл горячей воды, 2 мл 15-процентного раствора Na₂S и для уплотнения осадка нагревать в течение 10 мин;
- 2) сдкантировать раствор и отфильтровать на воронке; оставшийся в стакане осадок промыть 2-3 раза, добавляя по 30 мл воды;
- 3) воронку с осадком установить над стаканом с осадком и для растворения осадков на фильтр подать 6-8 мл разбавленной в отношении 1:1 азотной кислоты, промывая фильтр 2-3 раза 2-про-центным раствором HNO₃;
- 4) стакан с раствором нагреть на песчаной бане до полного растворения осадка, затем

упарить досуха;

5) к сухому остатку прибавить 20-25 мл разбавленного в отношении 1:2 раствора аммиака и умеренно нагреть для растворения солей меди;

6) отфильтровать раствор, собирая фильтрат в коническую колбу емкостью 250 мл;

7) осадок в стакане и фильтр еще раз обработать аммиаком, затем промыть 5-6 раз горячей водой, собирая промывные воды в ту же колбу;

8) нейтрализовать аммиачный раствор 15-процентной уксусной кислотой, добавляя избыток (2-3 мл);

9) провести йодометрическое титрование, прилив к анализируемому раствору 20 мл 15-процентного раствора КJ, перемешать, покрыть стеклом и дать отстояться 5 мин в темном месте;

10) выделившийся йод оттитровать 0,1 М раствором $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, прибавляя в конце титрования 2 мл водного раствора крахмала;

11) вычислить содержание меди в процентах по формуле

,
где $M_{\text{тс}}$ – молярность раствора тиосульфата натрия, моль/л; $V_{\text{тс}}$ – объем тиосульфата натрия, мл; 63,55 – молекулярный вес меди, г/моль.

Определение кремния. Анализ основан на получении гетерополикислоты состава $\text{H}_4[\text{Si}(\text{Mo}_3\text{O}_{10})_4]$ желтого цвета и ее последующем восстановлении аскорбиновой кислотой. Окраска комплексного соединения при этом переходит из желтой в синюю. Фотометрирование окрашенного раствора производят на фотоколориметре при $\lambda = 630$ нм в кюветах на 1 см светопоглощающего раствора.

Необходимые реактивы: 14 и 1-процентный раствор едкого натра, 3 М раствор соляной кислоты, 15-процентный раствор молибдата аммония, 4 М раствор серной кислоты (240 мл H_2SO_4 с плотностью 1,84 г/см³ разбавляют до 1 л водой), 1-процентный раствор аскорбиновой кислоты свежеприготовленный, стандартный раствор кремнекислоты.

Порядок анализа следующий:

1) около 0,1-0,15 г сплава (с точностью до 0,0002 г) поместить в никелевый или железный тигель, растворить в 10 мл 14-про-центного раствора едкого натра при нагревании;

2) после растворения темного осадка, лежащего на дне, прилить к раствору 10 мл воды и нагревать в течение 10 мин;

3) раствор вместе с осадком гидроксида железа перелить в мерную колбу на 100 мл, разбавить водой до метки и хорошо перемешать;

4) профильтровать раствор через фильтр, смоченный 1-про-центным раствором едкого натра, собирая фильтрат в чистую сухую колбу;

5) в зависимости от содержания кремнекислоты в приготовленном растворе в мерную колбу на 100 мл отобрать такую аликвотную часть, чтобы содержание в ней SiO_2 не превышало 0,24 мг;

6) к раствору прилить из бюретки по каплям 3 М раствор HCl в количестве, необходимом для нейтрализации алюминатного раствора по индикаторной бумаге «конго-красный» (окраска бумаги меняется с красной на сиреневую);

7) добавить избыток 3 М раствора HCl (3 мл), при этом окраска бумажки становится синей;

8) разбавить раствор водой до объема 50 мл, прилить к раствору в мерной колбе 5 мл 5-процентного раствора молибдата аммония, перемешать и дать отстояться 10-15 мин для полного выявления окраски;

9) прибавить 4 М раствора серной кислоты и перемешать;

10) через 2-3 мин добавить 10 мл аскорбиновой кислоты, перемешать, довести объем раствора до метки и снова перемешать;

11) спустя 20-30 мин измерить оптическую плотность окрашенного раствора на фотоколориметре с красным фильтром ($\lambda = 630$ нм);

12) зная оптическую плотность раствора, вычислить содержание кремния в исходной пробе (в процентах)

Для построения градуировочного графика (по пяти-шести точкам) в мерные колбы на 100 мл (соответственно пять или шесть) приливают из бюретки различные количества разбавленного раствора кремнекислоты (стандартного). В одну из колб раствор SiO_2 не прибавляют, в ней готовят раствор холостого опыта. В каждую из колб прибавляют по 20 мл воды и по 2,5 мл 3 М раствора HCl . Разбавляют растворы водой до объема, равного 50 мл, и далее проводят анализ в описанном выше порядке. По его результатам строят градуировочный график $D = f(m\text{SiO}_2)$.

Лабораторная работа № 2. Определение молекулярного состава криолита.

Цель работы. Знакомство с технологическими основами производства фтористых солей и физико-химическими свойствами криолитоглиноземного расплава, экспериментальное определение молекулярного состава криолита.

Основные определения, теория и технология

Криолит $3\text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$ или Na_3AlF_6 – натриевая соль гексафторалюминиевой кислоты. Название происходит от греческих слов криос – холод, лед и литос – камень (по блеску и показателям преломления криолит похож на лед). Синоним – ледяной шпат. Единственное промышленное месторождение этого минерала Ивигтут (Западная Гренландия) на сегодняшний день отработано, поэтому алюминиевая промышленность почти полностью работает на искусственном криолите.

Молекулярное отношение NaF/AlF_3 в криолите называется криолитовым отношением (к.о.). В криолите теоретического состава это отношение равно трем. Искусственный криолит обычно готовят с избытком фтористого алюминия, вплоть до состава с к.о. = 1,5. По внешнему виду искусственный криолит представляет собой мелкокристаллический порошок белого цвета с насыпной массой 1,1-1,2 г/см³. Алюминиевая промышленность является крупным потребителем фтористых солей. Криолит при электролитическом получении алюминия служит расплавленной средой (растворителем) для глинозема, а фтористый алюминий необходим для корректировки состава криолитоглиноземного расплава (электролита).

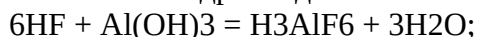
Исходное сырье для получения фтористых солей – флюорит CaF_2 (синоним – плавиковый шпат) и отходящие газы суперфосфатного производства. Дополнительным источником фтора служат утилизируемые технологические газы, пыли и футеровка алюминиевых электролизеров.

Для получения фтористых солей кислотным способом используют флотационный концентрат плавикового шпата, содержащий не менее 92 % CaF_2 . Этот концентрат смешивают в необходимом соотношении с концентрированной серной кислотой (92,5-95 % H_2SO_4) и подают на разложение в трубчатый вращающийся реактор. В результате разложения CaF_2 образуются фтористый водород и гипс по реакции $\text{CaF}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{HF} + \text{CaSO}_4$.

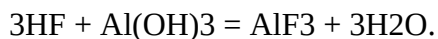
После абсорбции фтористого водорода водой плавиковая кислота имеет следующий состав, % по массе: HF 28-30, H_2SiF_6 3-5, H_2SO_4 1-2. Образующийся при разложении плавикового шпата гипс содержит 80-85 % CaSO_4 , 10-15 % H_2SO_4 и 2-5 % CaF_2 . После нейтрализации известью гипс удаляется на шламовое поле или используется в цементной промышленности. Для очистки от кремнезема в раствор плавиковой кислоты вводят соду до образования малорастворимого кремнефтористого натрия



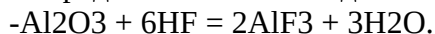
Для получения (варки) криолита в раствор чистой плавиковой кислоты вводят расчетные количества гидроксида алюминия и соды. Варку ведут в две стадии:



Фтористый алюминий получают на основе реакции нейтрализации при температуре 90-95 °С:



Фтористый алюминий кристаллизуется в виде кристаллогидрата $\text{AlF}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ и в дальнейшем подвергается кальцинации при температуре $t = 350 - 400$ °С до содержания остаточной влаги 6 %. Более прогрессивный «сухой способ» основан на непосредственном взаимодействии газообразного HF с Al_2O_3 при $t = 450 - 500$ °С:



Применяемый в настоящее время для электролиза алюминия промышленный электролит состоит в основном из обогащенного фтористым алюминием криолитоглиноземного расплава, свойства которого улучшены добавками различных химических соединений, чаще всего CaF_2 , LiF , NaCl , MgF_2 . Сумма этих добавок, как правило, не превышает 8-10 %. Основное назначение добавок – снижение температуры плавления электролита и увеличение его электропроводности. Однако все добавки в той или иной степени приводят к снижению растворимости глинозема в электролите, что ограничивает их содержание в расплаве. Кроме того, с исходными материалами в электролит поступают CaF_2 , K_2O , Na_2O , а также следующие примеси: Fe_2O_3 , SiO_2 , P_2O_5 , V_2O_5 , SO_4^{2-} , CuO и др.

Поскольку основу электролита составляют фториды натрия и алюминия, то их молярное отношение (к.о.) определяет наиболее важные свойства расплава (см. рисунок).

Представленные на рисунке зависимости для реальных промышленных электролитов под влиянием добавок и примесей могут существенно искажаться.

Содержание основных компонентов в кислых промышленных электролитах (к.о. 2,5-2,9) находится в следующих пределах, % по массе: криолит 75-90, AlF_3 5-12, CaF_2 2-4, MgF_2 2-5, Al_2O_3 1-10. Промышленный электролит, содержащий по массе 5 % Al_2O_3 и 4 % CaF_2 , при изменении к.о. от 2,1 до 2,7 обладает соответственно следующими свойствами: температура начала кристаллизации 935-960 °С; плотность 2,09-2,11 г/см³; вязкость 0,295-0,325 Па·с; удельная электропроводность 1,85-2,05 Ом/см. Если учесть, что перегрев электролита, необходимый для нормального протекания процесса, составляет 15 °С, то рабочая температура электролита такого состава должна достигать 950-975 °С.

Ведущим технологическим показателем электролиза, зависящим от состава (к.о.) и свойств электролита, является выход по току. Потери алюминия минимальны при к.о. = 2,4 - 2,6. При больших к.о. решающую роль играет реакция образования натрия ($\text{Al} + \text{NaF} = \text{Na} + \text{AlF}_3$), при малых к.о. – реакция образования субфторида алюминия ($\text{Al} + \text{AlF}_3 = \text{AlF}$).

Расход электролита при электролизе связан с высокой летучестью фторидов (особенно AlF_3), их взаимодействием с алюминием и примесями, разложением во время анодных эффектов. Это приводит к необходимости компенсации возникающих потерь и корректировки состава электролита по к.о., определение которого обычно производится «ториевым методом» или методом горячего титрования.

Ториевый метод заключается в спекании электролита при 600-650 °С с избытком NaF .

При этом происходит разрушение соединений AlF_3 с фторидами кальция и магния с образованием криолита и нейборита (NaMgF_3). Фтористые кальций и литий выделяются в виде отдельных фаз. Спек выщелачивают водой и определяют свободный NaF с использованием азотнокислого тория, что и дало название методу.

Метод горячего титрования основан на том, что водный раствор, равновесный с

криолитом и нейборитом, нейтрален. При избытке AlF_3 или NaF реакция раствора, соответственно, кислая или щелочная. Поэтому электролиты с к.о. > 3 называют щелочными, а с к.о. < 3 – кислыми. Титрование заключается в том, что к пробе расплавленного электролита небольшими порциями добавляют NaF или AlF_3 , после чего определяют pH водного раствора. Титрование ведут до нейтральной реакции, а затем вычисляют к.о.

Лабораторное оборудование. Электрическая печь сопротивления, набор графитовых (графито-шамотных) тиглей, механическая или ручная ступка для измельчения и истирания проб, pH-метр или набор индикаторов, весы.

Содержание задания. Перечень используемых реагентов, количество и состав анализируемых проб, применяемых для построения градуировочного графика, режим плавления проб и их подготовки к определению pH.

5.1.4 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

1. Подготовка к практическим занятиям.

Цель

Формирование в ходе занятий компетенций, развитие понимания литейных свойств алюминия и его сплавов, а также литейного производства.

Задание на СРС

Изучить основную и дополнительную литературу по теме предстоящего практического занятия.

Рекомендации к выполнению задания

При подготовке к практическому (семинарскому) занятию следует в первую очередь рассмотреть вопросы по теме занятия. При подготовке к практическим занятиям необходимо проработать литературу, указанную преподавателем, в объеме изучаемой темы. Самостоятельное изучение разделов курса производится с использованием литературных источников и интернет-ресурсов.

Рекомендуемый график выполнения отдельных этапов СРС

Обучающийся знакомится с РПД, в которой указан перечень практических занятий и рекомендуемая основная и дополнительная литература.

Критерии оценки качества выполнения работы

Активная работа обучающегося на практическом занятии.

2. Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам).

Цель работы: перед проведением лабораторной работы - ознакомление обучающихся с методикой проведения лабораторных работ, основными приборами и оборудованием, используемыми во время проведения лабораторных работ; ознакомление с

соответствующими теоретическими вопросами, что способствует активному участию обучающихся в проведении лабораторных работ и успешной защите отчетов.

Задание на СРС.

За время, отведённое на подготовку и защиту лабораторных работ обучающийся должен изучить материал по теме лабораторной работы и предварительно ознакомиться с порядком её выполнения.

Требования к форме и содержанию отчетных материалов.

Отчёт по лабораторной работе должен содержать цель работы, список используемого оборудования, краткое описание хода работы, необходимые схемы процессов и оборудования, выполненные расчёты, таблицы и графики, выводы. Отчёты по лабораторным работам оформляются в соответствии с требованиями методических указаний по выполнению каждой лабораторной работы и требованиями стандарта СТО «027-2021 СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА. Учебно-методическая деятельность. Общие требования к организации и проведению лабораторных работ».

На следующем занятии отчёт предоставляется преподавателю для проверки. При защите отчёта проверяется знание теоретического материала соответствующих разделов курса и вопросов методики, связанной с выполнением работы.

Вопросы для контроля (на примере лабораторной работы «Определение напряжений и трещин в отливках из алюминия и его сплавов»):

1. Назовите виды трещин, возникающих при литье алюминия и его сплавов.
2. Опишите природу происхождения трещин.
3. Какие существуют методы предотвращения возникновения трещин в отливках.
4. Какие существуют методы предотвращения возникновения термических напряжений в отливках.
5. Что такое термические напряжения?
6. Что такое фазовые напряжения?
7. Что такое усадочные напряжения?
8. Какие существуют виды термических напряжений?
9. Какие существуют виды фазовых напряжений?
10. Какие существуют виды усадочных напряжений?
11. Методы оценки напряжений в отливках?
12. Методы устранения напряжений в отливках?
13. Влияние напряжений и трещин на качество готовой металлической продукции?
14. Влияние напряжений и трещин на безопасность переработки готовой металлической продукции?
15. От какого вида усадки зависит размер напряжений в отливках?

Рекомендации по выполнению задания.

Главной целью лабораторных работ по дисциплине «Литейное производство» является ознакомление обучающихся с основными процессами, протекающими при литье алюминия и его сплавов.

Правильно выполненный отчёт по лабораторной работе обучающийся должен защитить, ответив на все поставленные вопросы, указанные в методических указаниях. В случае успешной защиты преподаватель делает соответствующую отметку на титульном листе работы.

Рекомендуемый график выполнения отдельных этапов СРС

Данный вид СРС проводится в течение семестра согласно учебному плану подготовки бакалавров в объеме 16 часов в семестре № 7 и 10 часов в семестре № 8.

Критерии оценки качества выполнения работы

Формой контроля данного вида СРС являются правильность оформления отчетов и

полнота ответов на контрольные вопросы.

3. Написание курсового проекта (работы).

Цель

Проверка сформированности компетенций в период изучения дисциплины.

Задание на СРС.

Необходимо выполнить курсовой проект (по вариантам) и ответить на контрольные вопросы при ее защите.

Оформление курсовой работы должно соответствовать требованиям СТО 005–2020 «Учебно-методическая деятельность. Оформление курсовых проектов (работ) и выпускных квалификационных работ технических специальностей».

При выполнении курсовой работы необходимо рассчитать теплового баланса поворотного миксера.

В качестве исходных данных для расчета следует использовать один из вариантов данных для расчета поворотного миксера.

Перечень вопросов к защите курсовой работы:

1. Виды литейных агрегатов, используемых для разлива алюминия и его сплавов.
2. Принцип работы поворотного миксера.
3. Температурный режим разлива алюминия.
4. Технология легирования алюминия и его сплавов.
5. Технология модифицирования алюминия и его сплавов.
6. Особенности перемешивания алюминиевого расплава в миксере.
7. Назначение флюса и его виды, используемые при литье алюминия и его сплавов.
8. Продолжительность процесса приготовления сплава в миксере.
9. Объем металла, находящегося в миксере.
10. Производительность миксеров.

4. Подготовка к зачету (семестр 7)

Цель

Проверка сформированности компетенций в период изучения дисциплины.

Задание на СРС.

Обучающийся получает перечень вопросов для подготовки к зачету по тематике дисциплины с учетом проверки сформированности компетенций.

Требования к форме и содержанию отчетных материалов.

Зачет проводится в форме устного собеседования по вопросам, предназначенным к зачету.

Подготовка к зачету осуществляется на зачетной неделе.

Критерии оценки качества выполнения работы

Полные правильные ответы на вопросы.

5. Подготовка к дифференцированному зачету (семестр 8)

Цель

Проверка сформированности компетенций в период изучения дисциплины.

Задание на СРС.

Обучающийся получает перечень вопросов для подготовки к дифференцированному зачету по тематике дисциплины с учетом проверки сформированности компетенций.

Требования к форме и содержанию отчетных материалов.

Зачет проводится в виде собеседования по вопросам билета, предназначенным к зачету.

Подготовка к зачету осуществляется на зачетной неделе.

Критерии оценки качества выполнения работы

Полные правильные ответы на вопросы.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 7 | Устный опрос

Описание процедуры.

Устный опрос обучающихся производится в начале каждого практического занятия на основе теоретического и практического материала, предоставленного на предыдущем занятии. Объявление результатов опроса осуществляется сразу после его завершения.

Критерии оценивания.

Правильное формулирование ответов на вопросы. Использование в ходе ответа знаний полученных в ходе практических занятий и самостоятельной подготовки (изучения дополнительной литературы).

6.1.2 семестр 8 | Устный опрос

Описание процедуры.

Устный опрос обучающихся производится в начале каждого практического занятия на основе теоретического и практического материала, предоставленного на предыдущем занятии. Объявление результатов опроса осуществляется сразу после его завершения.

Критерии оценивания.

Правильное формулирование ответов на вопросы. Использование в ходе ответа знаний полученных в ходе практических занятий и самостоятельной подготовки (изучения дополнительной литературы).

6.1.3 семестр 8 | Доклад

Описание процедуры.

Получить задание у преподавателя, подготовить доклад, выступить перед аудиторией (студенческой группой). Ответить на вопросы.

Вопросы для контроля:

1. Виды неметаллических включений, присутствующих в алюминиевом расплаве.
2. Виды газов, присутствующих в алюминиевом расплаве.
3. Устройство алюминиевого миксера.
4. Виды алюминиевых миксеров.
5. Действие каких видов флюсов основано на химическом взаимодействии?
6. Перечислите возможные пути предотвращения окисления (угара) алюминия.
7. Дегазация алюминиевого расплава.
8. Технология производства алюминиевой чушки.
9. Технология производства алюминиевой катанки.
10. Технология производства крупногабаритных слитков

Критерии оценивания.

Полнота раскрытия темы, предлагаемой для подготовки доклада; уровень владения материалом; умение отвечать на вопросы.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ПКС-4.8	Демонстрирует знание основ технологических процессов производства отливок и другой продукции из алюминиевых сплавов.	Устное собеседование по вопросам к зачёту.
ПКС-4.9	Умеет контролировать технологические процессы плавки, дегазации, литья и горячей обработки литейной продукции. Владеет навыками выявления и определения причин получения литейной продукции ненадлежащего качества, а также определения оптимальных технологических параметров процессов плавки.	Устное собеседование по вопросам дифференцированного зачёта.
ПКС-7.1	Демонстрирует знание конструкции поворотного миксера, применяемого в производстве алюминия и его сплавов, а также основных методов составления материального и теплового баланса плавки.	Защита курсового проекта.

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 7, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Зачет проводится в форме устного собеседования по вопросам, предназначенным к зачету.

Пример задания:

1. Классификация примесей, содержащихся в техническом алюминии, исходя из их процентного содержания.
2. Отличие гомогенного и гетерогенного процессов образования зародышей при кристаллизации металла.
3. Что называется сплавом? Дайте определение и опишите разницу между легирующими элементами и модифицирующими добавками.
4. Классификация алюминиевых сплавов.
5. Назовите основные виды литейных алюминиевых сплавов.
6. В чём разница между модификаторами первого и второго рода?
7. Что представляет собой ликвация? Классификация видов ликвации.

8. Виды усадки.
9. Назовите принципы нахождения оптимального легирующего комплекса
10. Способы рафинирования расплава от неметаллических включений и газов.
11. Назовите причины “бурления” чушек при их переплавке.
12. Классификация флюсов и механизм их действия.
13. Перечислите основные способы рафинирования алюминиевого расплава от неметаллических включений и газовых включений.
14. Литейные сплавы, химический состав, примеси. Основные требования, предъявляемые к литейным сплавам.
15. Оценки параметров распределений и доверительного интервала выборочной характеристики при литейных процессах.
16. Использование дисперсионный анализа в методических исследованиях при литье близких по физико-химическим свойствам металлов.
17. Моделирование эксперимента в методических исследованиях влияния водорода на структуру отливок;
18. Чем отличаются понятия «измерения», «опыт» и «эксперимент»?
19. Каков порядок статистической обработки данных по измерению постоянной величины в различных способах литья благородных металлов.
20. Как идеи планируемого эксперимента используются при построении автоматических систем управления в металлургии?

-

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
Демонстрирует знание основ технологических процессов производства отливок и другой продукции из алюминиевых сплавов. Демонстрирует знание областей применимости специальных видов литья для различных литейных сплавов.	Не демонстрирует знание основ технологических процессов производства отливок и другой продукции из алюминиевых сплавов. Не демонстрирует знание областей применимости специальных видов литья для различных литейных сплавов.

6.2.2.2 Семестр 8, Типовые оценочные средства для курсовой работы/курсового проектирования по дисциплине

6.2.2.2.1 Описание процедуры

Необходимо выполнить курсовой проект (по вариантам) и ответить на контрольные вопросы при ее защите.

Задания и пример расчета приведены в методических указаниях.

Оформление курсовой работы должно соответствовать требованиям СТО 005–2020 «Учебно-методическая деятельность. Оформление курсовых проектов (работ) и выпускных квалификационных работ технических специальностей».

Перечень вопросов к защите курсовой работы:

При выполнении курсовой работы необходимо рассчитать теплового баланса поворотного миксера.

В качестве исходных данных для расчета следует использовать один из вариантов данных для расчета поворотного миксера.

Пример задания:

Провести расчёт теплового баланса поворотного миксера со следующими характеристиками:

- 1) Масса заливаемого металла; $m_{ж}$ - 51800 кг;
- 2) Масса твердой шихты (max 13% от плавки); $m_{ш}$ - 8100 кг;
- 3) Масса флюса; $m_{ф}$ - 100 кг;
- 4) Масса выливаемого сплава - 60000 кг;
- 5) Температура заливаемого металла - 800 °С;
- 6) Рабочая температура металла; $t_{раз}$ - 750 °С;
- 7) Температура окружающей среды; $t_{окр}$ - 25 °С;
- 8) Продолжительность процесса приготовления сплава (с момента окончания загрузки шихты до снятия шлака) в миксере - 170 мин.

-

6.2.2.2.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Демонстрирует знание конструкции поворотного миксера, применяемого в производстве алюминия и его сплавов. Правильно и в полном объеме проводит расчеты материального и теплового балансов поворотного миксера с подробным описанием хода расчета.	Демонстрирует знание конструкции поворотного миксера, применяемого в производстве алюминия и его сплавов, с незначительными ошибками. В полном объеме проводит расчеты материального и теплового балансов поворотного миксера с описанием хода расчета.	Демонстрирует слабое знание конструкции поворотного миксера, применяемого в производстве алюминия и его сплавов. Проводит расчеты теплового баланса поворотного миксера.	Не демонстрирует знание конструкции поворотного миксера, применяемого в производстве алюминия и его сплавов. Не проводит расчеты теплового баланса поворотного миксера.

6.2.2.3 Семестр 8, Типовые оценочные средства для проведения дифференцированного зачета по дисциплине

6.2.2.3.1 Описание процедуры

Дифференцированный зачет проводится в виде собеседования по вопросам билета. Для успешной сдачи дифференцированного зачета обучающемуся заранее выдаются контрольные вопросы.

Пример задания:

1. Литейные свойства алюминиевых сплавов (усадка, склонность к образованию трещин, герметичность, ликвация);
2. Металлография алюминиевых сплавов;
3. Формы роста кристаллов в слитках и отливках;
4. Факторы, влияющие на внутреннюю структуру алюминиевых сплавов;
5. Механизм кристаллизации алюминиевых расплавов;
6. Способы рафинирования расплавов от растворенных примесей;
7. Способы модифицирования алюминиевых расплавов;
8. Влияние различных факторов на технологию плавки металла;
9. Влияние различных металлов на окисляемость поверхности расплавленного алюминия;
10. Влияние водорода на структуру отливок.
11. Источники поступления и характеристика неметаллических включений;
12. Особенности загрузки шихты в плавильный агрегат;
13. Физико-химические основы рафинирования алюминиевых сплавов;
14. Физико-химические основы модифицирования алюминиевых сплавов.
15. Нормативные показатели, технические условия и ГОСТы при получении сплавов на основе алюминия.
16. Какая техническая документация связана с литейным производством цветных металлов.
17. Опишите особенности кристаллизации и модифицирования эвтектик.
18. Перечислите виды термической обработки алюминиевых сплавов.
19. Что представляет собой отжиг? Виды отжига.
20. Назовите отличия термической обработки и термомеханической обработки.
21. Виды термомеханической обработки.
22. Понятие рекристаллизации, её виды.
23. Классификация прокатных станов для производства катанки.
24. Устройство и принцип действия литейно-прокатного агрегата.
25. Виды прокатных изделий.
26. Назовите основные процессы, протекающие при отжиге алюминиевой катанки.
27. Устройство и принцип действия волочильного стана.
28. Устройство и принцип действия миксера для производства алюминия и его сплавов.
29. Устройство и принцип действия конвейера для производства чушек.
30. Устройство систем дегазации алюминиевого расплава.
31. Технология производства крупногабаритных слитков.

6.2.2.3.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Умеет контролировать технологические процессы плавки, дегазации, литья и горячей обработки литейной продукции. Владеет навыками выявления и	Умеет контролировать технологические процессы плавки, дегазации, литья и горячей обработки литейной продукции (демонстрирует незначительные	Слабо умеет контролировать технологические процессы плавки, дегазации, литья и горячей обработки литейной продукции. Практически не владеет навыками	Не умеет контролировать технологические процессы плавки, дегазации, литья и горячей обработки литейной продукции. Не владеет навыками выявления и определения причин

определения причин получения литейной продукции ненадлежащего качества, а также определения оптимальных технологических параметров процессов плавки.	ошибки). Владеет навыками выявления и определения причин получения литейной продукции ненадлежащего качества, а также определения оптимальных технологических параметров процессов плавки (но не в полной мере).	выявления и определения причин получения литейной продукции ненадлежащего качества, а также определения оптимальных технологических параметров процессов плавки.	получения литейной продукции ненадлежащего качества, а также определения оптимальных технологических параметров процессов плавки.
--	--	--	---

7 Основная учебная литература

1. Кузьмина М. Ю. Физико-химические основы литейного производства : учебное пособие / М. Ю. Кузьмина, М. П. Кузьмин, 2018. - 175.
2. Исследование литейных процессов : учебное пособие по специальности 150104 "Литейное производство черных и цветных металлов" / А. А. Усольцев [и др.], 2013. - 194.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Производство отливок из сплавов цветных металлов : учеб. для вузов по специальности "Литейное пр-во чер. и цв. металлов" / А. В. Курдюмов, М. В. Пикунов, В. М. Чурсин, Е. Л. Бибилов, 1996. - 502.
2. Жильцов Новые технологии и материалы в машиностроении и металлургии : учебное пособие. Ч. 1 : Наноматериалы и нанотехнологии в машиностроении и металлургии, 2011. - 179.
3. Справочник металлурга. Производство алюминия и сплавов на его основе : монография / Б. И. Зельберг, Л. В. Рагозин, А. Г. Баранцев [и др.], 2013. - 675.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Microsoft Windows Seven Professional [1x100] RUS (проведен апгрейд с Microsoft Windows Seven Starter [1x100]) - поставка 2010
2. Microsoft Office Professional Plus 2013

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Экран Projecta SlimScreen настенный
2. Проектор "Epson EB-S18"