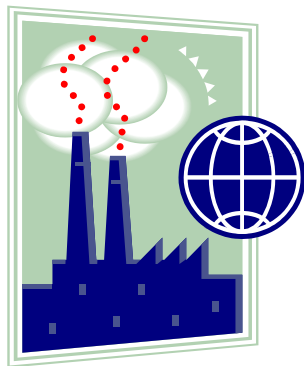


ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный
технический университет»

Кафедра материаловедения и физики металлов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ № 1-3
по дисциплине «Производство отливок из сплавов
цветных металлов» для студентов направления
150400.62 «Металлургия»,
профиля «Технология литейных процессов»
очной формы обучения



Воронеж 2014

Составитель канд. техн. наук Т.И. Сушко

УДК 669.3571+669.721.5

Методические указания к выполнению лабораторных работ № 1-3 по дисциплине «Производство отливок из сплавов цветных металлов» для студентов направления 150400.62 «Металлургия», профиля «Технология литейных процессов» очной формы обучения / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. Т.И. Сушко. Воронеж, 2014. 40 с.

Методические указания предназначены для студентов, выполняющих лабораторные работы по изучению процессов плавки, рафинирования и модифицирования сплавов на основе алюминия, магния и меди. Приведены краткие теоретические сведения и контрольные вопросы; даны объем, порядок выполнения работ, указания по составлению отчетов и библиографический список.

Предназначены для студентов четвертого курса.

Методические указания подготовлены в электронном виде в текстовом редакторе MS Word и содержится в файле ПО из ЦМ.pdf.

Табл. 5. Библиогр.: 4 назв.

Рецензент канд. физ.-мат. наук, доц. А.В. Миленин

Ответственный за выпуск зав. кафедрой канд. физ.-мат. наук, доц. Д.Г. Жилияков

Издается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета

© ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный
технический университет», 2014

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	2
1. Лабораторная работа №1	
Плавка, рафинирование и модифицирование	
алюминиевых сплавов.....	3
1.1. Цель работы.....	3
1.2. Общие сведения.....	3
1.3. Рафинирование.....	12
1.4. Модифицирование.....	13
1.5. Порядок выполнения работы.....	14
1.6. Содержание и оформление отчет о работе.....	15
1.7. Контрольные вопросы.....	16
2. Лабораторная работа №2	
Плавка, рафинирование и модифицирование	
медных сплавов.....	17
2.1. Цель работы.....	17
2.2. Общие сведения.....	17
2.3. Рафинирование.....	24
2.4. Модифицирование.....	25
2.5. Порядок выполнения работы.....	26
2.6. Содержание и оформление отчета о работе.....	26
2.7. Контрольные вопросы.....	27
3. Лабораторная работа №3	
Плавка, рафинирование и модифицирование	
магниевого сплава.....	28
3.1. Цель работы.....	28
3.2. Общие сведения.....	28
3.3. Рафинирование.....	34
3.4. Модифицирование.....	35
3.5. Порядок выполнения работы.....	38
3.6. Содержание и оформление отчета о работе.....	38
3.7. Контрольные вопросы.....	39
Библиографический список.....	40

ПРЕДИСЛОВИЕ

Методические указания составлены в соответствии с программой дисциплины «Производство отливок из сплавов цветных металлов». Они содержат описание лабораторных работ раздела «Плавка, рафинирование и модифицирование цветных сплавов» на основе алюминия, магния, магния.

Целью данных лабораторных работ является закрепление теоретических положений, изучение технологических процессов плавки и влияния условий обработки на литейные свойства сплавов, а также структуру сплавов в отливках; все работы выполняются студентами в литейных цехах, на действующем оборудовании предприятия.

В методических указаниях приведены основные теоретические положения, рекомендации по организации процесса плавки, указаны объем и порядок выполнения работ, даны рекомендации по составлению отчетов.

1. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ПЛАВКА, РАФИНИРОВАНИЕ И МОДИФИЦИРОВАНИЕ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

1.1. Цель работы

1. Изучить технологию плавки.
2. Освоить теорию и практику рафинирования модифицирования сплавов.
3. Изучить влияние способов модифицирования на макро- и микроструктуру металла.

1.2. Общие сведения

Алюминиевые сплавы, используемые в технике, делятся на литейные и деформируемые. Первые предназначены для изготовления фасонных отливок, вторые – для производства полуфабрикатов (листов, лент, профилей, труб, штамповок и поковок) методами обработки давлением.

Литейные алюминиевые сплавы подразделяются на пять групп:

I. Сплавы на основе системы алюминий-кремний-магний (силумины): АК12, АК9ч, АК8, АК7ч;

II. Сплавы на основе системы алюминий-кремний-медь: АК5М, АК5М2, АК5М7, АК9М2, АК12М2;

III. Сплавы на основе алюминий-медь: АМ2, АМ4, АМ5;

IV. Сплавы на основе системы алюминий-магний: АМг4К1, АМг5К, АМг10;

V. Сплавы на основе системы алюминий – прочие компоненты: АК7Ц9, АК9Ц6, ФЦ4Мг.

На практике отливки чаще всего изготавливают из сплавов первой и второй групп. Химический состав определяется по ГОСТ Р 55375 – 2012(ГОСТ 1583 - 89).

Наиболее вредной примесью алюминиевых сплавов является железо, образующее хрупкие тройные (Al-Fe-Si) и более сложные фазы, кристаллизующиеся в виде игольчатых кристаллов и «иероглифов», которые снижают пластические свойства сплавов. Нейтрализация вредного влияния железа достигается введением добавок марганца или кобальта насыщаются водородом. Образовавшаяся окисная пленка при перемешивании сплава разрушается, и замешивается в металл. Компактность и чистота исходных шихтовых материалов в значительной мере определяют степень загрязненности сплава неметаллическими включениями. Защита расплава от окисления и насыщения водородом обеспечивается проведением плавки под слоем флюса в слабоокисленной атмосфере. В качестве флюса используется хлориды щелочных металлов (напр., 45 % NaCl; 55% KCl), с добавками фтористых солей (напр. 39 % NaCl; 50 % KCl; 6,6 % Na_3AlF_6 , 4,4 % CaF_2). Их количество – около 1 – 2 % от веса шихты. Для сплавов АМг4К1, АМг5К в качестве флюса используется карналлит ($\text{MgCl}_2 \cdot \text{KCl}$) или его смесь с BaCl_2 и CaF_2 . В случаях, когда применение флюса невозможно, в расплав вводят бериллий (0,03 – 0,05 %).

Особенно вредно влияют на алюминиевые расплавы пары воды. Основные способы защиты расплавленного металла от взаимодействия с парами воды – удаление влаги из футеровки плавильных печей, разливочных устройств, рафинирующих и модифицирующих флюсов путем прокалки и окраски плавленого инструмента, подогрева, очистки и сушки шихтовых материалов. Тем не менее, при плавке на воздухе алюминиевые расплавы всегда загрязняются оксидами, нитридами, карбидами, включениями шлака и флюса и водородом.

Не металлические включения в алюминиевых расплавах присутствуют в виде крупных частиц и плен, неравномерно распределенных по объему, или в виде тонкодисперсных взвесей, распределенных в объеме относительно равномерно.

Большинство указанных включений, вследствие медленного

всплывания при отстаивании расплава, попадает в отливку, образуя в ней несплошности, гидротечи, очаги коррозии, облегчая образование газовых пузырей при охлаждении газонасыщенных сплавов.

В зависимости от масштаба и особенностей производства плавку алюминиевых сплавов ведут в тигельных и отражательных печах работающих на электроэнергии, жидком и газообразном топливе. Наибольшее применение в практике получили индукционные печи промышленной частоты.

Расчет шихты для сплава АК5М. Средний химический состав сплава АК5М показан в таблице 1. Шихту для плавки сплава АК5М необходимо набирать из таких компонентов, которые обеспечат в жидком металле и, следовательно, в отливке требуемое содержание легирующих элементов (кремния, магния и меди) и основы (алюминия), а также не превысят допустимые пределы или суммарную долю содержания примесей.

Количество компонентов шихты (не считан возврата собственного производства) должно быть на единицу больше количества нормируемых химических элементов, по которым проводится расчет шихты. В сплаве АК5М будем рассчитывать требуемое содержание трех химических элементов: кремния, магния и меди, поэтому шихту необходимо набирать из четырех компонентов.

На основе литературных данных и с учетом возможностей базового завода (Воронежский механический завод) выбираем в качестве компонентов шихты материалы следующего химического состава (средние массовые доли): алюминий первичный в чушках технический А85 ГОСТ 11069 - алюминия 99,85 %, силумин первичный в чушках СИЛ-0 ГОСТ 1521 - алюминия 87 %, кремния 13 %; лигатура А1-Сu - алюминия 50 %, меди 50 %; лигатура А1-Mg - алюминия 89 %, магния 11 %.

Далее определяем массовые доли, %, кремния, меди, магния и алюминия в шихте с учетом угара этих элементов в процессе плавки.

В качестве плавильного оборудования принимаем электриче-

скую, индукционную тигельную печь с плотной упаковкой шихты в тигле, что имеет место в технологии плавки с «болотом». Содержание любого элемента в жидком металле будет таким же, как и в готовой отливке.

Массовая доля, %, кремния в шихте с учетом угара:

$$\xi_{Siш} = \xi_{Siж.м.} \cdot \frac{100}{100 - \xi_{Siуг.}}, \quad (1.1)$$

где $\xi_{Siж.м.}$ - средняя массовая доля кремния в расплаве АК5М, % ($\xi_{Siж.м.} = 5 \%$);

$\xi_{Siуг.}$ - массовая доля угара кремния, % ($\xi_{Siуг.}$ находится в интервале от 1,0 до 1,5 %, принимаем $\xi_{Siуг.} = 1,25 \%$);

$$\xi_{Siш.} = 5 \cdot \frac{100}{100 - 1,25} = 5,06 \%$$

Массовая доля, %, магния в шихте с учетом угара:

$$\xi_{Mgш} = \xi_{Mgж.м.} \cdot \frac{100}{100 - \xi_{Mgуг.}}, \quad (1.2)$$

где $\xi_{Mgж.м.}$ - средняя массовая доля магния в расплаве АК5М, % ($\xi_{Mgж.м.} = 0,475\%$);

$\xi_{Mgуг.}$ - массовая доля угара магния, % ($\xi_{Mgуг.}$ находится в интервале от 2,0 до 3,0 %, принимаем $\xi_{Mgуг.} = 2,5 \%$);

$$\xi_{Siш.} = 0,475 \cdot \frac{100}{100 - 2,5} = 0,487 \%$$

Массовая доля, %, меди в шихте с учетом угара:

$$\xi_{Cuш} = \xi_{Cuж.м.} \cdot \frac{100}{100 - \xi_{Cuуг.}}, \quad (1.3)$$

где $\xi_{Cuж.м.}$ - средняя массовая доля меди в расплаве АК5М, % ($\xi_{Cuж.м.} = 1,25$ %)

$\xi_{Cuуг.}$ - массовая доля угара меди, % ($\xi_{Cuуг.}$ находится в интервале от 0,5 до 1,0 %, принимаем $\xi_{Cuуг.} = 0,75$ %);

$$\xi_{Siш.} = 1,25 \cdot \frac{100}{100 - 0,75} = 1,259 \text{ \%}.$$

Массовая доля, %, алюминия в шихте с учетом угара:

$$\xi_{Alш} = \xi_{Alж.м.} \cdot \frac{100}{100 - \xi_{Alуг.}}, \quad (1.4)$$

где $\xi_{Alж.м.}$ - средняя массовая доля алюминия в расплаве АК5М, % ($\xi_{Alж.м.} = 91,97$ %)

$\xi_{Alуг.}$ - массовая доля угара алюминия, % ($\xi_{Alуг.}$ находится в интервале от 0,8 до 1,0 %, принимаем $\xi_{Alуг.} = 0,9$ %);

$$\xi_{Siш.} = 91,97 \cdot \frac{100}{100 - 0,9} = 92,8 \text{ \%}.$$

Расчет массы каждого компонента шихты целесообразно проводить на 100 кг шихты, которые принимаем за 100 %. Вводим обозначения (см. табл. 1): X1, X2, X3, X4, - массы соответственно чушкового первичного алюминия А85, чушкового первичного силумина СИЛ-0, лигатуры Al-Mg и лигатуры Al-Cu в сумме составляют 100 кг (100 %).

Расчет выполняем аналитическим методом, для чего составляем необходимые уравнения.

Сумма масс, кг, всех компонентов шихты выразится уравнением

$$X1 + X2 + X3 + X4 = 100. \quad (1.5)$$

Общая масса, кг, кремния в 100 кг шихты равна

$$M_{Si} = \frac{0X1}{100} + \frac{0X2}{100} + \frac{0X3}{100} + \frac{0X4}{100} = \frac{5,06 \cdot 100}{100}. \quad (1.6)$$

Общая масса, кг, меди в 100 кг шихты равна

$$M_{Cu} = \frac{0X1}{100} + \frac{0X2}{100} + \frac{50X3}{100} + \frac{0X4}{100} = \frac{1,259 \cdot 100}{100}. \quad (1.7)$$

Общая масса, кг, магния в 100 кг шихты равна

$$M_{Cu} = \frac{0X1}{100} + \frac{0X2}{100} + \frac{0X3}{100} + \frac{11X4}{100} = \frac{0,487 \cdot 100}{100}. \quad (1.8)$$

Таблица 1

Состав шихты для сплава АК5М

Компонент шихты	Масса компонентов шихты, кг	Массовая доля химического элемента в компонентах шихты, %			
		Si	Cu	Mg	Al
1	2	3	4	5	6
Алюминий первичный А85 ГОСТ 11069	X1	-	-	-	99,850

Продолжение табл. 1

Силумин первичный в чушках СИЛ-0 ГОСТ 1521	X2	13,00	-	-	87,00
Лигатура Al- Cu	X3	-	50,00	-	50,00
Лигатура Al- Mg	X4	-	-	11,00	89,00
Угар эле- ментов		1,00- 1,50	0,50- 1,00	2,00- 3,00	0,80- 1,00
		1,25	0,75	2,50	0,9
Среднее содержание элементов в шихте		5,06	1,259	0,487	92,8

Во всех уравнениях уберем знаменатель и получим систему уравнений

$$\begin{cases} X1 + X2 + X3 + X4 = 100; \\ 0X1 + 13X2 + X3 + X4 = 506; \\ X1 + X2 + 50X3 + X4 = 125,9; \\ X1 + X2 + X3 + X4 = 48,7. \end{cases} \quad (1.9)$$

В результате решения системы уравнений получим: $X1 = 54,15$ кг, $X2 = 38,9$ кг, $X3 = 2,52$ кг, $X4 = 4,43$ кг. Сумма масс компонентов шихты $X1 + X2 + X3 + X4 = 54,15 + 38,9 + 2,52 + 4,43 = 100$ кг.

Проверим содержание алюминия в 100 кг шихты:

$$\frac{99,85 \cdot 54,15}{100} + \frac{87 \cdot 38,9}{100} + \frac{57,5 \cdot 2,52}{100} + \frac{89 \cdot 4,43}{100} = 93,304 \text{ кг.}$$

По расчету получили алюминия в 100 кг шихты 93,304 кг вместо предусмотренных 92,8 кг. Погрешность при расчетах составляем 0,58 %, что является допустимым.

Алюминий первичный в чушках технический А85 54,15 кг

Силумин первичный в чушках СИЛ-0 38,9 кг

Лигатура Al-Cu 2,52 кг

Лигатура Al-Mg 4,43 кг

В состав шихты могут также входить возврат собственном производства (бракованные отливки, литники, выпоры и т.п.) и переплав мелких отходов в количестве до 60 % от массы шихты.

Если в сплавы вводятся лигатуры, то рассчитывается их количество и содержание алюминия в них. Количество чушкового алюминия находится с учетом последнего.

Приготовление сплава АК12 производят в электрических печах сопротивления, индукционных, нефтяных тигельных, коксовых или газовых горнах, отражательных пламенных.

Перед плавкой печь (тигель) тщательно очищают от остатков шлака и сплава, предыдущих плавок. Чугунный тигель, изложницы и плавильный инструмент (разливочные ковши, мешалки и др.) также очищаются от следов расплава, окалины и окрашены защитной краской во избежание загрязнения сплава железом. Ковши просушивают при температуре 500-700°C.

Шихту загружают в нагретую до 700–750 °С печь (тигель нагревается до красного каления). В печь (тигель) загружают подогретый чушковый силумин и отходы собственного производства. В период расплавления металлов температура в ванне должна быть не более 700°C.

Расчет шихты силумина АК12. Исходными шихтовыми материалами для его приготовления являются чушковый силумин марок СИЛ-0, СИЛ-1, СИЛ-2 и алюминий технической чистоты.

Расчет шихты ведется на содержание 11,5 % кремния, остальное алюминий. Угар составляет по 1 %.

Расчет ведется на 100 кг сплава. Для возмещения угара количество алюминия должно быть увеличено на $88,5 \cdot 0,01 = 0,885$ кг, кремния на $11,5 \cdot 0,01 = 0,115$ кг.

Расчетный состав шихты можно представить в следующем виде

	Кремний	Алюминий	Всего
Массовая доля, %	11,5	88,5	100
Масса на 100 кг шихты, кг	11,5	88,5	100
Угар, %	1	1	
Угар, кг	0,115	0,885	1
Расчетный состав шихты, кг	11,615	89,385	101,00

Определим количество чушкового силумина (СИЛ-0 ГОСТ 1521-68) (13 % Si).

$$13 \text{ кг} - 100 \text{ кг} \quad x = \frac{11,615 \cdot 100}{13} = 89,35 \text{ кг}$$

$$11,615 - x$$

Содержание алюминия в силумине составит
 $89,35 - 11,615 = 77,735 \text{ кг}$

Количество чушкового алюминия, которое необходимо ввести в шихту:

$$89,385 \text{ кг} - 77,735 \text{ кг} = 11,650 \text{ кг}$$

Таким образом, для выплавки 100 кг сплава АК5М потребуется следующее количество исходных материалов, кг:

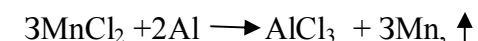
Чушковый алюминий 11,650 кг
 Силумин СИЛ-0 89,350 кг

Всего 101,00 кг

1.3. Рафинирование

Для рафинирования (очистки от взвешенных неметаллических включений и водорода) алюминиевых литейных сплавов применяют хлористый цинк, хлористый марганец, гексахлорэтан, четыреххлористый углерод и др. MnCl_2 предварительно сушится, ZnCl_2 переплавляется (для удаления влаги). Введение их в расплав производят с помощью колокольчика: при 700-730 °С - 0,05-0,2 % ZnCl_2 или MnCl_2 ; при 740-750 °С - 0,3-0,7 % гексахлорэтана.

При более низких температурах эффективность рафинирования падает, при более высоких — расплав интенсивно окисляется. Погружение колокольчика - на дно расплава; последний перемешивается до прекращения выделения пузырьков. В процессе рафинирования протекает реакция



где AlCl_3 - газ, его пузырьки рафинируют расплав от неметаллических включений, водорода. По окончании перемешивания сплав должен отстояться 10-15 мин при 720-730 °С.

Рафинирование флюсованием. Для большинства алюминиевых сплавов используют флюс 47 % KCl , 30% NaCl , 23% Na_3AlF_6 . Для рафинирования алюминиймагниевого сплава применяют флюсы на основе карналлита; 80-85% MgCl_2 - KCl , 15-20% $\text{CaF}_2(\text{MgF}_2)$. Предварительно расплавленные и высушенные флюсы (0,5-1,0 % от веса металла) засыпают на поверхность расплава при 700-750 °С.

Затем флюс в течение 3-5 мин. энергично замешивают в расплав, удаляют шлак и дают расплаву отстояться 10-15 мин. После повторного удаления шлака расплав подают для заливки форм.

Рафинирование расплавов хлоридами и флюсами не обеспечивает необходимой чистоты металла.

Продувка газами (азотом или аргоном, гелием, хромом) при температуре 720-730 °С, 5-20 мин (от объема расплава, расход газа 0,5-1 м³ на 1 т расплава).

Вакуумирование (при давлении 0,13-1,3·10³ Па, 10-30 мин температура 720-740 °С).

Фильтрование (через сетчатые, корундовые пластинчатые, зернистые, пористые фильтры).

Электрофлюсовое рафинирование: пропускание струи металла d = 5-7 мм (температура 700-720 °С), через слой расплавленного флюса толщиной 100-150 мм.

Вакуумная дистилляция - для очистки алюминиевых расплавов от магния и цинка (при температуре 700-720 °С в вакуум-дистилляторе). Содержание неметаллических включений определяют методами химического анализа и отбором технологических проб (проба В.М. Добаткина и В.К. Зиновьева; проба А.Г. Спаского и Е.Н. Кулагиной).

О содержании газов в расплаве можно судить при помощи вакуум-пробы или методом Дардела - Гудченко.

1.4. Модифицирование

Модифицирование - измельчение макрозерна в отливках введением в расплав небольших количеств (0,05-0,75 % расплава) модифицирующих добавок - титана, циркония, бора, ванадия и др. Модификаторы вводят в виде лигатур с Al-Ti-B или медью при температуре 730-780 °С - этот вид модифицирования используется при литье деформируемых сплавов (В95, Д16). В производственных условиях алюминиевые литейные сплавы модифицируют солями натрия. Модифицирование двойным модификатором (67 % NaF и 33 % NaCl) ведут при 780-810 °С; тройным модификатором (62,5 % KCl, 1,25 % NaF, 12,5 % KCl; расплав обрабатывают при 730-750 °С. Модификатор в количестве 1-2 % веса металла ровным слоем засыпают на поверхность расплава.

При температуре модифицирования металами, в случае использования двойным модификатором, выдерживают 12-15 мин, тройным модификатором 6-7 мин; при этом протекает реакция



Выделяющийся Na производит модифицирующее действие. Образующаяся корочка солей замешивается в расплав. После удаления шлака расплав в течение 20-30 мин разливают по формам. Целесообразно модифицировать силумины универсальным флюсом (50 % NaCl, 30 % NaF, 10 % KCl, 10 % Na₃AlF₆).

Качество модифицирования оценивают по излому проб и микроструктуре. Заэвтектические силумины модифицируют фосфором (0,05 - 0,1 %) в виде лигатуры Cu-P или флюсами следующего состава:

а) 20 % красного фосфора, 10 % K₂ZrF₆, 70 % KCl (1,5-2 % веса шихты);

б) 58 % фосфорнокислого лития, 34 % Al (порошок), 8 % красного фосфора (0,3-0,4 % веса шихты).

Модифицирование ведут при температуре 780-820 °С, затем сплав рафинируют хлористым марганцем и при 780-800 °С заливают в формы.

1.5. Порядок выполнения работы

1. Рассчитать шихту и количество модификаторов для приготовления заданного сплава.

2. Ознакомиться с устройством, работой и технико-экономическими показателями плавильного агрегата, используемого на предприятии для выплавки алюминиевых сплавов.

3. Ознакомиться с технологической документацией по проведению процесса плавки алюминиевых сплавов.

4. Наблюдать технологический процесс плавки алюминиевого сплава: подготовку шихты, загрузку, расплавление, рафини-

рование, модифицирование, взятие технологических проб. Провести хронометраж плавки.

5. При изучении стадий расплавления, рафинирования и модифицирования отметить температуру расплава

6. Ознакомиться с методами и средствами контроля по ходу выплавки алюминиевого сплава и методами выявления структуры Сплава. Ознакомиться с применяемыми материалами: компонентами шихты, флюсами; модификаторами, их химическим составом, свойствами.

1.6. Содержание и оформление отчета о работе

1. Расчет шихты для выплавки алюминиевого сплава заданного состава.

2. Краткое описание технологии плавки, рафинирования и модифицирования сплава.

3. Описание применяемых методов контроля качества выплавляемого алюминиевого сплава.

4. Оценка эффективности рафинирования и модифицирования алюминиевых сплавов.

5. Перечень и краткое содержание использованной производственной документации.

6. Описание схемы устройства и действия применяемого оборудования, приспособлений.

1.7. Контрольные вопросы

1. Какие сплавы называются силуминами?
2. Привести примеры сплавов различных химических систем.
3. Модификаторы, их назначение состав; типы.
4. Какие вещества являются модификаторами для силуминов?
5. Какова технология модифицирования?
6. Какова технология рафинирования расплавов?
7. Компоненты шихты для выплавки алюминиевых сплавов.

2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

ПЛАВКА, РАФИНИРОВАНИЕ И МОДИФИЦИРОВАНИЕ МЕДНЫХ СПЛАВОВ

2.1. Цель работы

1. Изучить технологию плавки, применяемые шихтовые материалы и используемое плавильное оборудование.
2. Освоить теорию и практику рафинирования и модифицирования медных сплавов.
3. Изучить влияние способов модифицирования на макро- и микро- структуру литого металла.

2.2. Общие сведения

Медные литейные сплавы применяют, главным образом, для изготовления антифрикционных, коррозионностойких и износостойких деталей (водяная арматура, подшипники, шестерни, гребные винты и т.п.). Наиболее широко используются простые и специальные латуни, оловянные и безоловянные бронзы. Остальные медные сплавы применяются в литейном производстве в ограниченных масштабах.

Латуни. Для фасонного литья применяют сложнолегированные медноцинковые сплавы; простые латуни используют сравнительно редко. Примеры латуней литейных (ГОСТ 17711-93): ЛЦ16К4, ЛЦ40С, ЛЦ23А6ЖЗМц2, ЛЦ38Мц2С2. Латуни характеризуются лучшими (в сравнении с бронзами) литейными свойствами; имеют малую склонность к газовой пористости (в процессе плавки они дегазируются парами цинка).

Оловянные бронзы широко используются в случаях, перечисленных выше. Характерная особенность этих бронз - большой интервал кристаллизации ($\Delta T = T_{\text{ликв}} - T_{\text{солид}}$) достигающий 150-

200 °С. Этим обусловлено образование в отливках рассеянной усадочной пористости. Литейные свойства бронз хорошие.

Наиболее вредные примеси - алюминий и кремний; сотые доли процента этих элементов приводят к снижению механических свойств и поглощению водорода при плавке. Механические свойства оловянных бронз определяются содержанием олова: прочность возрастает с увеличением его содержания, а относительное удлинение падает. Влияние прочих элементов: цинк улучшает литейные свойства, свинец - антифрикционные свойства, их обрабатываемость резанием, жидкотекучесть; фосфор повышает износостойкость и улучшает жидкотекучесть. Никель повышает механические свойства и измельчает микроструктуру. Примеры оловянных бронз (ГОСТ 613-79): БрОЗЦ2С5, БрОЗЦ7С5Н1, Бр05Ц5С5, Бр010Ф1, Бр01ОЦ2.

Безоловянные бронзы используют как заменители оловянных. По механическим, коррозионным и антифрикционным свойствам они превосходят последние. Среди безоловянных бронз наиболее выделяются алюминиевые бронзы (высококоррозионностойки в пресной и морской воде, хорошо противостоят разрушению в условиях кавитации, имеют меньший антифрикционный износ). Основное их применение - для изготовления гребных винтов крупных судов, тяжелонагруженных шестерен и зубчатых колес, корпусов насосов и других отливок. Улучшение их механических свойств, а также технологических и эксплуатационных достигается легированием железом, марганцем, никелем и другими элементами.

Железо и марганец повышают механические свойства, устраняют склонность к росту зерна при отжиге; никель повышает износостойкость и коррозионные свойства бронз. Примеры безоловянных бронз (ГОСТ 493-79): БрА9Мц2Л, БрА10Мц2Л, БрА9ЖЗЛ, БрА10ЖЗМц2, БрАЮЖ4Н4Л. На практике наиболее широко применяют бронзы БрА9Мц2Л и БрА9ЖЗЛ.

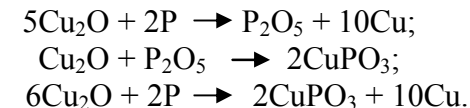
Для плавки медных сплавов используют отражательные, дуговые и индукционные печи, футерованные шамотом, диносом

или кварцем. Тип плавильной печи выбирают с учетом возможности местных перегревов расплава и связанными с этим загрязнением окислами (например, алюминиевые бронзы склонны к окислению, сопровождающемуся загрязнением расплава твердыми дисперсными окислами Al_2O_3 трудноудаляемыми из расплава) и потерями на испарение легколетучих компонентов (так, латуни нельзя плавить в дуговых печах из-за значительного угара цинка).

При плавке на воздухе медь окисляется. Образующаяся закись (Cu_2O) растворяется в жидкой меди. Закись, выделяясь при кристаллизации в виде эвтектики $\text{Cu}+\text{Cu}_2\text{O}$, снижает электропроводность меди. Олово, алюминий, цинк, марганец и другие компоненты, входящие в состав медных сплавов, обладают большим сродством к кислороду; поэтому введение их сопровождается раскислением меди и образованием твердых, жидких и газообразных окислов легирующих элементов. Наиболее нежелательны твердые включения, трудноудаляемые из расплава.

В процессе плавки наряду с окислением компонентов сплава происходит также интенсивное насыщение металла водородом. С целью обеспечения высокого качества отливок при плавке осуществляется защита расплава от взаимодействия с газами, рафинирование от вредных примесей, неметаллических включений и газа, а также, в ряде случаев, модифицирование металла. В качестве защитного покрова при плавке сплавов на медной основе широко используют древесный уголь, а также буру, соду, стекольный бой, фториды кальция и магния и другие флюсы. Однако применение защитных покровов не обеспечивает надлежащей защиты металла от окисления.

В качестве раскислителя при плавке основной массы медных сплавов применяют фосфор (в виде лигатуры медь-фосфор в количестве 0,1-0,15 % массы расплава):



Раскисление сопровождается образованием пара фосфорного ангидрида P_2O_5 и фосфорнокислой соли закиси меди CuPO_3 в жидком состоянии. Хорошо раскисленный металл характеризуется светлым мелкозернистым изломом. В качестве примера рассмотрим организацию процесса плавки оловянной бронзы марки Бр05Ц5С5.

Все шихтовые материалы перед планкой должны быть тщательно подготовлены.

Чистые металлы и вторичные сплавы дробятся или нарезаются на куски, удобные для взвешивания и загрузки в печь.

Листовые материалы (листы, полосы, катодная медь) нарезаются на ножницах. Возврат собственного производства должен храниться строго по маркам сплава. Крупный возврат (литники, прибыли и забракованные отливки) по возможности нарезаются на части, удобные для загрузки в печь. Загрязнения на поверхности возврата удаляют дробеструйной очисткой. Стружку, загрязненную маслом, эмульсией и влагой, сушат и обжигают в печах. Для уменьшения угара элементов в процессе плавки рекомендуется мелкие отходы брикетировать.

При расчете шихты встречаются в основном четыре вида сочетаний шихтовых материалов:

- 1) только из первичных металлов;
- 2) из первичных и вторичных сплавов и лигатур;
- 3) из возврата своего производства с применением первичных металлов и лигатур;
- 4) только из возврата своего производства или только из вторичных сплавов.

На практике чаще всего встречается третий случай. Сплав Бр05Ц5С5 должен содержать по 4-6 % олова, цинка и свинца, ос-

тальное - медь. При расчете шихты исходим из среднего содержания этих элементов - 5 %.

Пусть шихта составляется на 60 % свежих металлов и 40 % возврата собственного производства того же сплава. Угар элементов составляет: олова и меди 1 %, цинка и свинца 2 %. Расчет ведем на 100 кг сплава. Для компенсации угара указанных элементов масса шихтовых материалов должна быть увеличена: меди на $85 \cdot 1/100 = 0,85$ кг; олова на $5 \cdot 1/100 = 0,05$ кг; цинка на $5 \cdot 2/100 = 0,1$ кг; свинца на $5 \cdot 2/100 = 0,1$ кг. Представим полученные данные в табл. 2.

Таблица 2

	Олово	Цинк	Свинец	Медь	Всего
Массовая доля, %	5	5	5	85	100
Масса на 100 кг шихты	5	5	5	85	100
Угар, %	1	2	2	1	-
Угар, кг	0,05	0,10	0,10	0,85	1,10
Расчетный состав шихты, кг	5,05	5,10	5,10	85,85	101,1
Массовая доля в цеховых отходах (40%), кг	2	2	2	34	40
Содержание в свежих материалах (60%), кг	3,05	3,10	3,10	51,85	61,10

В пересчете на плавку массой 500 кг компоненты необходимо взять в следующем количестве, кг:

Олово	15,25
Цинк	15,50
Свинец	15,50
Медь	259,25
Цеховой возврат	<u>200</u>
Всего	505,20 кг.

Шихта, содержащая значительный процент свежих материалов, применяется для выплавки сплава, к которому предъявляются повышенные требования в отношении точности химического состава и высоких механических свойств. Для менее ответственных отливок в качестве шихтового материала применяется вторичная бронза марки Бр05Ц5С5.

Так как в состав шихты обычно входит медь, которая после расплавления должна быть расчислена фосфористой медью (7-10 % Р) до загрузки остальной шихты, то печь перед загрузкой меди следует хорошо разогреть.

Плавка меди ведется быстро, под слоем прокаленного, древесного угля.

Качество раскисления следует проверить по технической пробе: залитый и охлажденный брусок при загибе не должен давать трещин в месте загиба.

Планка оловянной бронзы из свежих - материалов ведется в такой последовательности. После расплавления меди она подогревается до 1150-1170 °С и раскисляется фосфористой медью (-0,3 % от массы меди). Затем добавляют цинк, свинец и олово и нагревают сплав до заданной температуры. При выдаче сплава из печи его дополнительно раскисляют фосфористой медью.

Плавка оловянной бронзы из вторичных - сплавов и собственного возврата с частичной подшихтовкой свежими материалами осуществляется следующим образом. В разогретую печь загружают часть вторичных сплавов и возврата, покрывают слоем дре-

весного угля, который после расплавления шихты должен покрыть ровным слоем всю поверхность жидкого сплава. По мере расплавления первоначальной порции шихты в печь вводится частями или полностью остаток шихты. Свежие металлы - медь и никель, применяемые для подшихтовки (например, сплава $\text{BrO}_3\text{Ц7C5H1}$) загружают в печь одновременно с первой порцией шихты, а цинк, свинец, олово вводятся в ванну в конце плавки. После расплавления всей шихты и достижения требуемой температуры, сплав раскисляют фосфористой медью в количестве 0,2 % от массы шихты и покрывают хорошо просушенным флюсом (60 % кальцинированной соды, 33 % плавикового шпата и 7 % буры). Расход флюса составляет 2-3 % от массы шихты. После загрузки флюса сплав нагревают до 1250-1300 °С, выдерживают под флюсом 20-30 мин, периодически перемешивая, затем счищают образовавшийся шлак и сплав выпускают из печи в ковш для разливки по формам. Чтобы избежать попадания шлака в форму, зеркало сплава в ковше покрывают сухим кварцевым песком, тогда шлак делается гуще и легче удаляется с поверхности сплава.

Плавка латуней возможна во всех печах, кроме дуговых, из-за опасности перегрева и повышенного угара цинка.

Латуни обычно не склонны к поглощению газа, так как интенсивное испарение цинка при плавке мешает растворению в сплаве водорода.

Шихтой для литейных латуней служат чушки вторичного сплава, а также чистые металлы и возврат производства. Когда плавку производят с применением чистых металлов, взаимодействие сплава с окружающей атмосферой будет мало отличаться от взаимодействия с атмосферой латуней, приготовляемых с использованием вторичных сплавом.

Большинство окислов, образующихся на поверхности ванны расплавленной латуни, там же и остается, так как обладает меньшей плотностью по сравнению с плотностью расплава, (исключение составляет окись свинца, которая имеет плотность 9,53 г/см³).

Технологический процесс плавки кремнистой латуни марки ЛЦ16К4 в индукционной печи с железным сердечником и с применением в качестве шихтовых материалов чистых металлов и возврата производства организуется так. При плавке в качестве покровного флюса используют буру в количестве 0,25 % от массы шихты. Буру в сухом виде загружают одновременно с шихтой (применять древесный уголь при плавке латуни не рекомендуется).

Сначала расплавляется медь; температуру сплава доводят до 1130-1150 °С и производят раскисление меди фосфористой медью (0,3 - 0,4 % от массы меди). Сплав тщательно перемешивают, всплывшие куски лигатуры вновь погружают под зеркало сплава при помощи счищалки. Важно не допустить ошлакования лигатуры, так как, ошлакованная, она растворяться в сплаве не будет. После полного растворения лигатуры производят присадку подогретого до 150-200 °С гипса. Сплав вновь тщательно перемешивают, после чего расплавляется кусковой возврат производства. При температуре 1050-1100 °С сплав готов к заливке форм.

Перед выпуском сплава заливается технологическая проба на "рост" металла, так как латунь марки ЛЦ16К4 чувствительна к газопоглощению. Если сплав в пробе "растет", то производится дегазация, например, продувкой азотом, аргонном; обработкой хлоридами и вакуумированием. Эти же способы наряду с фильтрованием и обработкой флюсами применяют и для очистки от взвешенных неметаллических включений.

Поскольку большинство рафинирующих средств в той или иной мере гигроскопично, необходимым условием их применения является тщательная сушка или переплава.

2.3. Рафинирование

Рафинирование инертными газами осуществляется при температурах расплава 1150-1200 °С. Расход газа 0,25-0,5 м³ на 1 т металла; длительность продувки хори давления 0,2-0,3 от 5-10 мин.

Хлористый марганец вводят в количестве 0,1-0,15 % веса расплава при 1154-1200 °С (с помощью колокольчика). Перед заливкой рафинированный сплав выдерживают в течение 10-15 мин для отделения пузырьков рафинирующего газа.

Когда сплав не содержит компонентов, имеющих высокую упругость пара, Zn, Cd, Mg применяют вакуумирование. Процесс осуществляют при температуре 1150-1300 °С и остаточном давлении 700 - 1400 Па. Продолжительность вакуумирования определяется массой металла, подвергающегося обработке; в большинстве случаев продолжительность обработки 20-25 мин.

Лучшим рафинирующим флюсом для медных сплавов является смесь фторидов кальция и магния (1:1) 1-2 % флюса, переплавленного и измельченного, насылают на поверхность, расплавляют и замешивают в сплав при 1150-1250 °С; продолжительность отстоя перед заливкой 10-15 мин. В ряде случаев флюсы используют для рафинирования бронз и латуней от примесей алюминия. Фильтрование целесообразно применять для сплавов, содержащих такие легкоокисляющиеся элементы, как алюминий, титан, цирконий. Для очистки от неметаллических включений, можно использовать все виды фильтров (магнезит, алунд, жидкие чистые фториды или их смеси, например, сплав фторидов кальция и магния 1:1). Кусковые фильтры перед фильтрованием нагревают до 700-800 °С.

2.4. Модифицирование

Улучшение механических свойств достигается измельчением зерна отливок и, изменением размеров первично кристаллизующихся фаз. Для этого в расплав вводят добавки (0,02-0,1 %) тугоплавких элементов (титан, бор, ванадий, вольфрам, молибден, цирконий), образующих с компонентами сплава тугоплавкие интерметаллиды, являющиеся дополнительными центрами кристаллизации. Тугоплавкие модификаторы вводят в расплав в виде лигатур: алюминий-ванадий (до 50 %), медь-бор (3-5 %), алюминий-титан, медь-титан и другие, в количестве 0,1-0,02 % веса расплава

при 1200-1250 °С. Перегрев модифицированного расплава перед заливкой выше 1180-1200 °С сопровождается огрублением зерна.

Для нейтрализации вредного влияния примесей висмута, свинца, мышьяка (образующих легкоплавкие эвтектики, выделяющиеся по границам зерен) присаживают Ca (0,2 %), Ce (0,3 %), Zr (0,4 %) Li (0,2 %).

2.5. Порядок выполнения работы

1. Рассчитать шихту и количество модификаторов для приготовления заданного сплава.
2. Ознакомиться с устройством, работы и технико-экономическими показателями плавильного агрегата, используемого на предприятии для выплавки медных сплавов.
3. Ознакомиться с технологической документацией по проведению процесса плавки медных сплавов.
4. Наблюдать технологический процесс плавки бронзы (латуни): подготовку шихты, загрузку, расплавление, рафинирование, модифицирование, взятие технологических проб. Провести хронометраж плавки.
5. При изучении операций расплавления, рафинирования и модифицирования отметить значение температуры расплава.
6. Ознакомиться с методами и средствами контроля на ходу плавки медного сплава и методами исследования структуры сплава.
7. Ознакомиться с применяемыми материалами: компонентами шихты, флюсами, модификаторами, их химическим составом, свойствами.

2.6. Содержание и оформление отчета о работе

1. Расчет шихты для выплавки конкретной марки бронзы (латуни).

2. Краткое описание технологии плавки, рафинирования и модифицирования получаемого сплава.

3. Описание применяемых средств и методов контроля качества выплавляемого сплава.

4. Оценка эффективности рафинирования и модифицирования бронзы (латуни) конкретной марки.

5. Перечень и краткое содержание использованной производственной документации. Описание, схема устройства и действие применяемого оборудования, приспособлений.

2.7. Контрольные вопросы

1. Какие сплавы называются бронзами?
2. Какие сплавы называются латунями?
3. Привести примеры бронз, латуней; их маркировки, указать государственные стандарты на них.
4. Способы рафинирования бронз, латуней.
5. Модифицирование: назначение, практическая реализация процесса.
6. Составы модификаторов, способы их применения.
7. Рафинирование: назначение, технология.
8. Компоненты шихты для выплавки латуней, требования к ним.
9. Компоненты шихты для выплавки бронз, требования к ним.
10. Плавильные агрегаты, применяемые для получения бронз и латуней их достоинства и недостатки, технико-экономические показатели работы.

3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ПЛАВКА, РАФИНИРОВАНИЕ И МОДИФИЦИРОВАНИЕ МАГНИЕВЫХ СПЛАВОВ

3.1. Цель работы

1. Изучить технологию плавки, применяемые шихтовые материалы и используемое плавильное оборудование.

2. Освоить теорию и практику рафинирования и модифицирования сплавов.

3. Изучить влияние способов модифицирования на макро- и микро - структуру металла.

3.2. Общие сведения

Литейные магниевые сплавы по химическому составу относят к одной из следующих групп:

I группа - сплавы на основе системы магний-алюминий-цинк (МЛЗ, МЛ4, МЛ5, МЛ6) применяются для слабо нагруженных деталей с высокой коррозионной стойкостью и герметичностью. Для рабочих температур до 150 °С.

II группа - сплавы на основе системы магний-цинк-цирконий (МЛ8, МЛ 12, МЛ 15) применяются для нагруженных деталей двигателей, приборов, работающих при температурах до 200°С.

III группа - сплавы, легированные редкоземельными элементами (МЛ9, МЛ 10, МЛН, МЛ 19) применяется для нагруженных деталей, требующих высокой плотности. Рабочая температура до 250°С.

Химический состав литейных промышленных сплавов определяется по ГОСТ 2856-79.

Отливки чаще всего изготавливают из сплавов I группы. Лучшими литейными свойствами из них обладают МЛ5 и МЛ6.

Условия плавки магниевых сплавов весьма сложные, вследствие легкой окисляемости их. Образующаяся окисная пленка рыхлая, неплотная, она не предохраняет сплав от окисления и загорания.

Другая сложность – взаимодействие сплавов с азотом, образование нитридов и интенсивное поглощение водорода. Окислы и нитриды, не растворяющиеся в расплаве, ухудшают механические свойства отливок.

Для защиты от окисления при плавке применяют флюсы. В табл. 3 приведен состав некоторых из них.

Таблица 3

Состав некоторых флюсов для плавки магниевых сплавов, %

Флюс	Состав	Применение
1	2	3
ВИ2	38-16% $MgCl_2$; 32-40 % KCl ; <10 % $CaCl_2$; 5-8 % $BaCl_2$.	Для плавки в стационарных печах и тиглях
ВИЗ	33-40 % $MgCl_2$; 25-36 % KCl ; <7 % $CaCl_2$; 15-20 % CaF_2 ; 7-10 % MgO ; <3 % H_2O .	Для плавки в выемных тиглях
ФЛ5	25-42 % $MgCl_2$; 20-36 % KCl ; 4-8 % $BaCl_2$; 0,5-10 % CaF_2 ; 3-11 % MgF_2 ; 3-4 % AlF_3 .	Единый флюс
ФЛ1	13 % CaF_2 ; 32 % MgF_2 ; 40 % AlF_3 ; 15 % B_2O_3 .	Бесхлоридные флюсы
ВАМИ1	3,5 % CaF_2 ; 23,5 % AlF_3 ; 40 % B_2O_3 ; 33% Na_3AlF_6 .	Бесхлоридные флюсы

Продолжение табл. 3

ВАМИ2	17,5 % CaF_2 ; 17,5 % MgF_2 ; 15 % AlF_3 ; 50 % B_2O_3 .	Бесхлоридные флюсы
№2	14-21 % KCl ; 47-51 % $CaCl_2$; 26-29 % $BaCl_2$.	Для сплавов с РЗМ
№3	22-26% $NaCl$; 17-20 % $NaCl$; 25-39 % $CaCl_2$; 19-23% $BaCl_2$; 2-5 % CaF_2 ; <2 % H_2O /	Для сплавов с РЗМ
№4	55 % KCl ; 28 % $CaCl_2$; 15 % $BaCl_2$; 2 % CaF_2 /	Для сплавов магния с торием и цирконием

Расход флюса (напр., ВИ2) составляет 5-10 % массы шихты. Бесхлоридные флюсы ФЛ1, ВАМИ 1, ВАМИ5 позволяют рафинировать расплавы от хлористых солей.

Их наносят на поверхность расплава после рафинирования хлоридными флюсами для защиты сплавов от загорания.

Магниевые сплавы плавят в тигельных, отражательных и индукционных печах промышленной частоты, футерованных магнетитом. Широко используют стальные тигли.

В зависимости от масштаба производства и веса отливок применяют три способа плавки магниевых сплавов:

- а) в стационарных тиглях (обычно отливаются из углеродистой стали);
- б) в выемных тиглях (преимущественно сварных);
- в) дуплекс-процессом (отражательная печь - тигель; индукционная печь - тигель).

Технология приготовления сплава для всех способов почти одинакова, но имеются некоторые различия в оборудовании, технологии заливки и составе применяемых флюсов.

Плавка в стационарных тиглях применяется в массовом (крупносерийном) производстве мелких отливок. Сплавы в этом

случае расплавляют под слоем флюса в толстостенных литых тиглях. После рафинирования и модифицирования металл (ручными ковшами) разливается по формам.

Остаток металла (20-50 % объема расплава), загрязненный окислами и флюсами, сливают после каждой плавки и используют для приготовления подготовительных сплавов.

Сплавы для крупных отливок выплавляют в выемных тиглях и дуплекс-процессом с применением флюса ВИЗ. После проведения всех операций по рафинированию и модифицированию тигель извлекается из печи и транспортируется к месту заливки.

При дуплекс-процессе плавка ведется в отражательных или индукционных печах емкостью 0,5-3 т под слоем флюса, после чего расплав сливается в выемные тигли для рафинирования и модифицирования. Исходные шихтовые материалы для выплавки магниевых сплавов включают:

- а) первичные сплавы (чушки), выпускаемые металлургическим заводом;
- б) предварительные сплавы и чушки готового сплава собственного производства, вплаваемые из первичных металлов с добавкой переплава литников, сплесков и других отходов;
- в) рабочие сплавы - жидкие расплавы, приготовленные для заливки форм.

Шихтовые материалы, пораженные коррозией, покрытые окислами и маслом, должны тщательно очищаться дробью (либо химическими способами).

Мелкие отходы и стружка магниевых сплавов после переплавки, рафинирования и модифицирования разливаются в чушки, используемые для приготовления предварительных и рабочих сплавов. В литейных цехах, где применяется экспресс-анализ химического состава магниевых сплавов по ходу плавки, в составе шихты допускается применять до 60-80 % возврата производства.

Расчет шихты при приготовлении наиболее распространенных литейных магниевых сплавов следует проводить с учетом рекомендации, приведенных в табл. 4.

Таблица 4

Рекомендуемы расчетный состав шихты для предварительных и рабочих сплавов на магниевой основе, предназначенных для фасонного литья

Марка сплава	Массовая доля компонента, %				
	Алюминий	Цинк	Марганец	Кремний	Магний
МЛ2	-	-	2,5	-	Остальное
МЛ3	3,0	1,2	0,3	-	Остальное
МЛ5	8,4	0,5	0,4	-	Остальное

Для приготовления литейных магниевых сплавов применяются лигатуры следующего состава, %:

- 1) алюминий - марганец, (8-12% марганца);
- 2) алюминий - магний - марганец (соответственно остальное, 20 %, 10 %);
- 3) алюминий - бериллий (2-3 %);
- 4) алюминий - магний - бериллий (соответственно остальное, 35 % и 3 %);
- 5) магний - марганец (2-4 %).

Химический состав магниевых сплавов в чушках регламентируется ГОСТ 2581-78.

Для приготовления магниевых сплавов в качестве шихтовых материалов применяют первичные металлы - магний первичный (ГОСТ 804-93), алюминий первичный высокой и технической чистоты (ГОСТ 11069-74), цинк (ГОСТ 3640-94), марганец металлический (ГОСТ 6008-82) кадмий, литий, лигатура (см. выше), сплавы магниевые первичные в чушках; сплавы предварительные, а также отходы производства.

Расчет шихты следует вести, исходя из химического состава заданного сплава, из наличия конкретных компонентов шихты, из величины угара (пригара) элементов в исходных составляющих. В настоящей работе состав сплава и все исходные данные задаются студентам при подготовке.

Порядок плавки магниевых сплавов обычно принимается следующий. В разогретый тигель (или печь) загружают небольшое

количество размолотого флюса и около половины всего количества магния, поверхность которого также засыпается флюсом. После расплавления первой порций магния постепенно загружают остальное количество магния. После расплавления всего магния в сплав при температуре 680-700 °С вводят предварительно мелко раздробленную лигатуру алюминий - марганец.

Марганец в магниевые сплавы вводят при температуре 850 °С в виде смеси металлического марганца или хлористого марганца с флюсом ВИЗ.

Затем в тигель постепенно загружают возврат. В течение всего процесса плавки поверхность сплава должна быть покрыта слоем флюса ВИЗ.

Цинк присаживается в конце плавки при температуре расплава 700-720 °С. При этой же температуре в сплав присаживается бериллий в виде лигатур магний - бериллий или марганец - алюминий - бериллий или в виде фторбериллата натрия (NaBeF_2 Лигатуры, содержащие бериллий, вводят до рафинирования, а фторбериллат натрия - во время рафинирования). Церий, являясь компонентом некоторых новых магниевых сплавов, входит в состав мишметалла, имеющего следующий состав, %: 45-55 церия, до 20 лантана, 15 железа, остальное - редкоземельные элементы. (При расчете шихты учитывают суммарное содержание всех редкоземельных элементов). Мишметалл добавляют в расплав после рафинирования при помощи железного сетчатого стакана, погружаемого на глубину 70-100 мм от зеркала сплава.

Цирконий вводят в сплав в виде фторцирконата натрия (Na_3ZrF_6) при температуре 850-900°С. При необходимости введения в магниевый сплав значительного количества циркония (>1 %) применяют так называемую шлаклигатуру.

3.3. Рафинирование

Рафинирование магниевых сплавов имеет целью удаление взвешенных неметаллических включений и водорода (иногда очистку от примесей железа).

Используемые способы рафинирования:

а) отстаивание - самый простой способ, осуществляется при 750 °С. Способ малопроизводителен;

б) флюсовый способ (применяемые флюсы ВИ2 и ВИЗ). Перед рафинированием расплав нагревают до 700 - 720 °С, удаляют покровный флюс и вводят в сплав бериллий или кальций;

На поверхность расплава засыпают порцию (1 % массы расплава) молотого рафинирующего флюса, расплавляют его, замешивают в расплав на 2/3 высоты тигля.

Повышение температуры сплава и времени его выдержки после перемешивания обеспечивает более полное отделение взвешенных частиц. В производственных условиях сплав обычно перемешивают при 700-720 °С в течение 5-6 мин, заменяют флюс свежим, нагревают сплав до 750-780°С, отстаивают 10-15 мин, снижают температуру сплава до 700-680°С, затем заливает в формы;

в) дегазация (продувка газами азотом, аргоном, хлором), осуществляется при температурах - от 660-685 до 740-760 °С. Длительность продувки газов от 15-30 мин; расход газа составляет 0,3 - 0,5 м³ на 1 т сплава;

г) тонкая очистка достигается при фильтровании через зернистые фильтры толщиной 100-150 мм, изготовленные из магнезита, графита и др. материалов, которые оказывают и модифицируют действие на сплавы, содержащие Al (МЛЗ, МЛ5, МЛ6);

д) от железа при помощи присадок Mn, циркония или Ti в количестве 0,3-0,4 % от массы расплава, при температуре 800- 850 °С. Выдержка в расплаве в течение 20-30 мин при температуре 700 °С. Степень очистки расплава от неметаллических включений кон-

тролируют по излому. Черные пятна указывают на присутствие окислов магния.

Газовую пористость отливок можно снизить введением в расплав 0,1 % Са, образующего с водородом устойчивые гидриды.

3.4. Модифицирование

Модифицирование магниевых сплавов производят для измельчения зерна и повышения механических свойств. По склонности к измельчению магниевые сплавы делятся на трудно-модифицируемые (I группы) и легко-модифицируемые (сплавы II и III группы). Основные способы модифицирования для сплавов трудно-поддающихся модифицированию (I гр.):

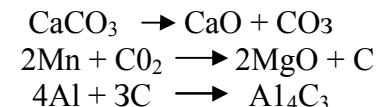
а) модифицирование перегревом. Осуществляется в стальном тигле при 850-900 °С в течение 15-20 мин, после чего металл быстро охлаждается до температуры заливки (680-720 °С) и выпускается из печи. Эффект модифицирования пропадает при длительном (до 1 ч) выстаивании расплава при 680-720 °С.

Повторные перегрев до 850-900 °С вновь приводит к измельчению структуры. Считается, что в расплаве образуются тонкодисперсные включения FeAl_3 и MnAl_3 (центры кристаллизации).

Перегрев до 1000 °С или медленное охлаждение с оптимальной температурой модифицирования приводят к огрублению зерна. Способ имеет недостатки: снижение производительности печей, повышенный угар металла, большой расход тиглей и топлива. Модифицирование перегревом проходит успешно, если в сплаве содержится железо (0,001 %) и марганец (0,2 %);

б) модифицирование углеродосодержащими веществами (введением в расплав системы Mg-Al-Zn мела, мрамора, магнезита, ацетилена, углекислого газа, гексахлорэтана и др). Вследствие диссоциации карбонатов выделяется углекислый газ, который, взаимодействуя с магнием, восстанавливается до свободного углерода.

Последний образует карбид алюминия, мелкодисперсные деления которого являются центрами кристаллизации, измельчающими зерно в отливке



При модифицировании гексахлорэтаном имеет место реакция



Режимы модифицирования магниевых сплавов приведены в табл. 5.

Достоинство - углеродсодержащих модификаторов: возможность получения мелкого зерна отливок без перегрева расплава выше температуры литья; сокращение расхода топлива; снижение потерь металла на угар; уменьшение расхода тиглей. Недостаток - возможное загрязнение расплавов оксидами и водородом, отсюда образование микрорыхлот, снижение механических свойств. По этой причине более предпочтительным является применение гексахлорэтана. Данный способ модифицирования широко применяют в промышленности при производстве фасонных отливок;

в) модифицирование хлорным железом. Способ применяют для системы Mg-Al-Zn-Mn. После прохождения обменной реакции

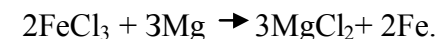


Таблица 5

Режимы модифицирования магниевых сплавов						
Модификатор	Количество модификатора, % от массы	Фракция	Температура расплава, °С	Длительность замешивания, мин	Время отстояния, мин	Примечание
Мел	0,5-0,6	Порошок	760-780	5-8	15-40	Перед введением необходима просушка
Мрамор	0,5-0,6	Крошка	760-780	5-8	15-40	
Магнетит	0,3-4	10-25 мм	720-730	8-12	15-40	
Гексахлорэтан	0,05-0,5	Порошок	720-760	8-12	15-40	Применяется в сухом состоянии
Хлорное железо	0,4-0,5 (до 1 мм)	Порошок	720-760	5-8	10-40	Для сплавов, не содержащих алюминий
Цирконий	0,5-1	-	850-900	20	10-15	
Фторцирконий калия K_2ZrF_6	8-10	Порошок	930	20-30	20-30	
Кальций	0,08-0,015	Порошок	770-780	-	10-15	
Лигатура Mg-Zr (20 % Zr)	5	5-10 мм	850-900	20	10-15	

расплав перегревают до 800-830 °С, выдерживают 10-15 мин и быстро охлаждают до температуры заливки. Преимущества способа (по сравнению с перегревом): сокращение на 20-30 % длительности плавки, на 10-30% снижается расход энергии, на 25-30 % повышается срок службы стальных тиглей. Способ практически не применяется из-за снижения коррозионной стойкости сплавов. В сплавах без алюминия измельчение зерна достигается присадками циркония или кальция (или другими модификаторами, табл. 5).

3.5. Порядок проведения работы

1. Рассчитать состав шихты и количество модификаторов для приготовления заданного сплава.
2. Ознакомиться с устройством, работой и технико-экономическими показателями плавильного агрегата, используемого на предприятии для выплавки магниевых сплавов.
3. Ознакомиться с технологической документацией по проведению процесса плавки магниевых сплавов.
4. Наблюдать технологический процесс плавки магниевого сплава: подготовку шихты, флюсов, модификаторов, загрузку, расплавление, рафинирование, модифицирование, взятие пробы. Вести хронометраж плавки,
5. Ознакомиться с методами и средствами контроля по ходу выплавки магниевого сплава и методами выявления структуры сплава.
6. Ознакомиться с составом и свойствами применяемых материалов компонентов шихты, флюсов, модификаторов.

3.6. Содержание и оформление отчета о работе

1. Изложить цель работы.
2. Привести расчет шихты, флюсов и модификаторов.
3. Дать краткое описание технологии плавки, рафинирования и модифицирования магниевых сплавов.

4. Привести хронометраж плавки.
5. Описать применяемые методы и средства контроля в ходе выплавки.
6. Привести микроструктуры сплавов, оценить эффективность рафинирования и модифицирования.
7. Привести перечень и краткое содержание использованной производственной документации.
8. Описать схемы устройства применяемого оборудования, приспособлений.

3.7. Контрольные вопросы

1. Какие вещества применяются для модифицирования магниевых сплавов?
2. Механизм влияния модификаторов на микроструктуру сплавов.
3. Техника безопасности при плавке магниевых сплавов.
4. Рафинирование сплавов. 5. Как осуществляется модифицирование сплавов методом перегрева?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Стандарты

1. ГОСТ Р 55375-2012. Алюминий первичный и сплав на его основе. Марки – М [Текст]. – Стандартинформ, 2013. – 24 с.

Книги

2. Сушко, Т. И. Производство отливок из сплавов цветных металлов [Текст] : учеб. пособие. / Т. И. Сушко, А. Т. Кучер. – Воронеж: ГОУВ-ПО «Воронежский государственный университет», 2011.-168 с.
3. Тухов, А. П. Литейные сплавы и плавка [Текст] : учебник для вузов / А. П. Трухов, А. И. Маляров. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 336 с.
4. Курдюмов, А. В. Производство отливок из сплавов цветных металлов [Текст] / А. В. Курдюмов, М. В. Пикунов, В. М. Чурсин, Е. Л. Бибилов. – М.: МИСИС. 1996. – 504 с.
5. Цветное литье [Текст] : справочник / под общ. Ред. Н. М. Галдина. – М.: Машиностроение, 1989. – 528 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ № 1-3

по дисциплине

“Производство отливок из сплавов цветных металлов”

для студентов направления 150400.62 «Металлургия»,

профиля «Технология литейных процессов»

очной формы обучения

Составитель

Сушко Татьяна Ивановна

В авторской редакции

Компьютерный набор А.Ю. Сафонова

Подписано к изданию 30.10.2014.

Уч.- изд. л. 2,5.

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный
технический университет»

394026 Воронеж, Московский просп., 14