

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ГОЛОВНОЙ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ОРГАНИЗАЦИИ
ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ
ПЕДАГОГИЧЕСКИХ И РУКОВОДЯЩИХ КАДРОВ СИСТЕМЫ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**ЦЕНТР ПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ
ПЕДАГОГОВ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

НАПРАВЛЕНИЕ ЛИТЕЙНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
по дисциплине
**“Технология плавки машиностроительных сплавов для
деталей машин”**

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

Ташкент- 2019

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ГОЛОВНОЙ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ОРГАНИЗАЦИИ
ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ
ПЕДАГОГИЧЕСКИХ И РУКОВОДЯЩИХ КАДРОВ СИСТЕМЫ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**ЦЕНТР ПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ
ПЕДАГОГОВ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**по модулю
“Технология плавки машиностроительных сплавов для
деталей машин”**

направление

“ЛИТЕЙНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ”

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

Ташкент- 2019

Учебно-методический комплекс подготовлен на основе учебного плана и программы, утвержденной Министерством высшего и среднего специального образования 1023 от 2 ноября 2019 года.

Составитель: проф. кафедры “Литейные технологии” ТГТУ

Расулов С.А.

Рецензент: доцент кафедры “Литейные технологии” ТГТУ

Халимжонов Т.С.

Данный учебно-методический комплекс рекомендован к использованию приказом Совета Ташкентского государственного технического университета № 1 от 24 сентября 2019г.

СОДЕРЖАНИЕ

I. Рабочая программа.....	5
II. Интерактивные методы обучения используемые при изучение модуля.....	10
III. Материалы теоретических занятий.....	14
IV. Материалы практических занятий.....	37
V. Банк кейсов.....	45
VI. Глоссарий.....	48
VII. Список литературы.....	58

I. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Введение

Программа основана на приоритетных направлениях Указа Президента Республики Узбекистан от 12 июня 2015 г. № ПФ-4732 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы переподготовки и повышения квалификации руководящих и педагогических кадров высших образовательных учреждений», целью которого является улучшение содержания процессов переподготовки и повышения квалификации на основе современных требований и постоянное повышение профессиональной компетентности педагогических кадров высших учебных заведений. Содержание программы предусматривает применение нормативно-правовой основы высшего образования и правовых норм, использование передовых образовательных технологий, педагогических навыков, информационных и коммуникационных технологий в учебном процессе, практического иностранного языка, систематический анализ и принятие решений, новейшие достижения в области современных исследований в области науки и практики, технологическое продвижение и современные методы обучения, профессиональная компетентность и креативность преподавателя, мультимедийные системы и дистанционное обучение совершенствовать новые знания, навыки и способности. В этой программе приведены технологии получения литейных изделий в машиностроении, особенности плавки сплавов, технология специальных способов литья.

Цели и задачи дисциплины

Цели и задачи технологии получения литейных изделий в машиностроении:

- изучение технологии происходящей при литье металлов, их анализ, изучение специальных способов литья их анализ, методы их улучшения и усовершенствования.

Требования к знаниям, навыкам, квалификациям и компетенции предъявляемые к слушателям.

При изучении технология получения литейных изделий в машиностроении получают следующие навыки и способности:

Слушатель должен знать:

- Литейные сплавы;
- Литейные свойства сплавов;
- Технологию плавки литейных сплавов;
- Технологию получения точных отливок;
- Специальные виды литья;
- Новые технологии в литьё.

Слушатель должен обладать навыками:

- Изготовление одноразовой формы;
- Получение отливок специальными способами литья;
- Анализ свойств литейных сплавов;
- Контроль качества отливок при помощи спектрометра;
- Анализ жидкого металла при помощи термопара и оптического пирометра;
- Получение форм методом прессования;
- Использования и применения ЭШП, плазменно-дуговой, индукционной печи.

Слушатель должен знать на практике:

- Применение современных материалов и технологий в машиностроении;
- Получение биметаллических отливок;
- Использование отливок в машиностроении.

Слушатель должен обладать компетенциями:

- Внедрение в практику новых литейных технологий;

- Применение в практике новых технологий получения различных высококачественных отливок.

Рекомендации по организации модуля и её проведению

Модуль «Технология получения литейных изделий в машиностроении» проводится в форме лекций и практических занятий. В ходе курса предполагается использовать современные методы обучения, педагогические технологии и информационно-коммуникационные технологии:

- использование на лекции современных компьютерных технологий, презентаций и электроно-дидактических технологий ;

- при проведении практических занятий предусматривается использование таких интерактивных методов как экспресс-опросы, тестовые опросы, мозговой штурм, групповое мышление и работа с мини-группами.

Связь между предметами учебного плана

Этот модуль тесно связан с модулями “Технология получения литейных изделий в машиностроении” и “Новые технологии в литейных”.

Распределение часов по модулю

№	Наименование лекции	Учебная нагрузка, часы						
		Общая нагрузка	Аудиторная учебная нагрузка				Выездное	самостоятель
			Всего	теоретический	практический			
1	Технология плавки чугуна в индукционных печах.	4	4	2	2	-	-	
2	Плавка стали в дуговых печах. Физико – химическая характеристика процесса.	4	4	2	2	-	-	

3	Плавка сплавов в электрошлаковых печах. Типы электрошлаковых процессов, физико – химическая характеристика процесса.	8	8	2	2	-	4	
	Всего	16	16	6	6	-	4	

СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Тема 1. ПЛАВКА ЧУГУНА В ИНДУКЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОПЕЧАХ

Физико –химические особенности индукционной плавки чугуна. Технология плавки в индукционных печах. Развитие индукционной плавки литейных сплавов.

Тема 2. ПЛАВКА СТАЛИ В ЭЛЕКТРОПЕЧАХ

Технологии плавки стали для отливок. Плавка стали с окислением примесей. Плавка стали без окисления.

Тема 3. ЭЛЕКТРОШЛАКОВЫЙ ПЕРЕПЛАВ СТАЛИ

Электрошлаковая обработка металла. Физико-химическая характеристика ЭШП. Промышленная технология ЭШП в литейном производстве.

Темы практических занятий

1-практическая работа: Плавка, рафинирование, и модифицирование алюминиевых сплавов

Ознакомление с технологией плавки сплавов, методами рафинирования, изучение влияния на структуру силуминов.

2-практическая работа: Рафинирование и дегазация алюминиевых сплавов

Ознакомление с методами рафинирования.

3-практическая работа: Модифицирование алюминиевых сплавов

Ознакомление с модифицированием алюминиевых сплавов.

ВЫЕЗДНОЕ ЗАНЯТИЕ

1-тема: Плавка сплавов в электрошлаковых печах. Типы электрошлаковых процессов, физико – химическая характеристика процесса.

Выездное занятие будет проводиться выездное практическое занятие на участке ООО. “INTER КОМПОЗИТ”. Слушатели ознакомятся с новыми техниками и технологиями.

Форма обучения

Форма обучения отражает такие внешние стороны учебного процесса, как способ его существования: порядок и режим; способ организации обучения: лекция, семинар, самостоятельная работа и пр; способ организации совместной деятельности обучающего и обучающихся: фронтальная, коллективная, групповая, индивидуальная.

При обучения важным является выбор формы организации учебной деятельности участников:

- Коллективная – коллективное, совместное выполнение общего учебного задания всеми студентами. Характер полученного результата: итог коллективного творчества.
- Групповая – совместное выполнение единого задания в малых группах. Характер полученного результата: итог группового сотрудничества на основе вклада каждого.
- Индивидуальная – индивидуальное выполнение учебного задания. Характер полученного результата: итог индивидуального творчества. Обычно предшествует групповой работе.

II. ИНТЕРАКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ИЗУЧЕНИИ МОДУЛЯ

Метод «SWOT-анализ».

Цель метода: Целью метода является анализ существующих теоретических знаний и практического опыта, решение проблем путем сравнения, поиск путей укрепления знаний, повторения, оценки, формирования независимого, критического мышления и нестандартного мышления.

S – (strength)	• сильные стороны
W – (weakness)	• слабые стороны
O – (opportunity)	• возможности
T – (threat)	• преграды

Пример:

Метод “Вывод” (Резюме, Веер)

Цель метода: этот метод ориентирован на сложные, междисциплинарные и проблемные темы. Суть метода заключается в том, что одна и та же информация будет предоставлена по разным разделам темы, и в то же время каждая из них будет обсуждаться в отдельном аспекте. Например, проблема изучается положительными и отрицательными аспектами, преимуществами, недостатками, прибылью и убытками. Этот интерактивный метод дает возможность для успешного развития критического, аналитического, логического мышления и способности выражать и поддерживать самостоятельные идеи и комментарии студентов в письменной и устной форме. Метод «Вывод» можно использовать на лекция для усиления, анализа и сопоставления знаний о предмете в форме работы парами и в семинарах в небольших и групповых

семинарах.

Порядок осуществления метода



Тренер-инструктор распределяет участников на мелкие группы по 5-6 человек;



Ознакомление участников с условиями, сроками и процедурой обучения и распространение материалов каждой группе с частями, которые необходимо проанализировать;



Каждая команда должна тщательно проанализировать проблему и рекомендовать свои мнения. Данная схема излагается в письменной форме:



На следующем этапе все группы предоставляют свои презентации. После этого тренер суммирует анализ, дополняет необходимой информацией и завершает тему.

Пример:

Специальные виды литья					
Кокильное литьё		Литьё под давлением		Литьё в песчано-глинистые формы	
преимущества	недостатки	преимущества	недостатки	преимущества	недостатки
Вывод:					

Метод “Кейс-стади”

“Кейс-стади” – от англ., (“case” - дело, событие, “study”–учить) считается методом изучения точных событий и проведение обучений на основе анализа. Этот метод изначально использовался в Гарвардском университете в 1921 году как практическое исследование использования экономической науки. Кейсом можно пользоваться для анализа открытых информации и событий.

Кейс включает в себя следующее: Кто (Who), Когда (When), Где (Where), Почему (Why), Как (How), Что (What).

Этапы проведения метода “Кейс-стади”

Этапы работы	Вид деятельности и суть
1-этап: Ознакомление с информационным составляющим кейса	<ul style="list-style-type: none"> ✓ визуальная и аудио работа индивидуально; ✓ ознакомление с кейсом (текстовые, аудио или медиа); ✓ обобщение информации; ✓ анализ информации; ✓ определение проблем
2-этап: Определение кейса и отметить учебное задание	<ul style="list-style-type: none"> ✓ работа в и индивидуальной группе; ✓ определение иерархии необходимости проблемы; ✓ определение основного положения проблемы
3-этап: Создание путей и поиск решения проблем кейса путем анализа	<ul style="list-style-type: none"> ✓ работа в и индивидуальной группе; ✓ разработка альтернативных решений; ✓ анализ возможностей и препятствия для каждого решения; ✓ выбор альтернативных решений
4-боскич: Формирование и обоснование решения кейса, презентации.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ индивидуальные и групповые работы; ✓ обоснование возможности применения альтернативных вариантов; ✓ подготовка креативной и проектной презентации; ✓ объяснение практических аспектов окончательного решения

Этапы и задачи выполнения кейса:

- Укажите основные причины основной проблемы в кейсе (в отдельных и малых группах).
- укажите последовательность запуска мобильного приложения (работа парами)

Метод “Инсерт”

Цель метода:

Этот метод используется студентами для принятия новой информационной системы и облегчения приобретения знаний, и этот метод также служит упражнением для запоминания для учащихся.

Порядок проведения метода:

- Учитель готовит содержание темы в виде презентации;
- Текст, освещающий предмет, распространяется среди учащихся или представляется в виде презентаций;
- Учащиеся смогут лично ознакомиться с текстом и выразить свои личные взгляды с помощью специальных символов. При использовании текста учащимся или участникам рекомендуется использовать следующие специальные символы:

Знаки	1-текст	2-текст	3-текст
“В” – знакомая информация.			
“К” – данная информация непонятна, нужен комментарий			
“+” эта информация для меня новая.			
“– ” против данной информации или мысли			

В конце установленного времени данные, которые неизвестны и непонятны для слушателей, анализируются и объясняются учителем, раскрывает их суть. Отвечаются на вопросы и завершают занятие.

Метод «Анализ понятий»

Цель метода: этот метод используется для определения основных понятий учащимися по этой теме, для независимого анализа и оценки их знаний и определения уровня начальных знаний по новой теме.

Порядок проведения метода:

- Участники будут ознакомлены с правилами занятия;
- Студентам предоставляются слова, имеющие отношение к теме или главе (индивидуально или в группах);
- Студенты предоставляют письменную информацию о значении, когда и в каких ситуациях эти понятия используются;
- По истечении установленного времени преподаватель объявляет полное объяснение этих слов или иллюстрирует слайдом;
- Каждый участник сравнивает свои личные отношения с ответами, его различиями и уровнем знаний.

III. МАТЕРИАЛЫ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Тема-1. Технология плавки чугуна в индукционных печах

План лекции.

1. Физико – химические особенности индукционной плавки чугуна.
2. Технология плавки в индукционных печах.
3. Развитие индукционной плавки литейных сплавов.

Ключевые слова:

Индукционная печь, вихревые токи, электромагнитное поле, шихта, карбюризатор, плавка, рафинирование, науглероживание.

1.1. Физико-химические особенности индукционной плавки чугуна.

В отличие от вагранок и дуговых печей в индукционных печах плавка ведется с загрузкой шихты в жидкий металл, оставшийся от предыдущей плавки. Поэтому нагрев и расплавление шихты связаны с растворением ее компонентов в

жидком металле. При этом происходит массоперенос между фазами и поглощение теплоты не только на нагрев, но и на растворение.

В средней части тигля происходит местное увеличение температуры за счет того, что в пристеночной области перемешивание, влияющее на распределение температур, создает «мертвую» зону между верхним и нижним контурами (рис. 64). Наличие зоны с повышенной температурой влияет на протекание тигельной реакции



Протекание этой реакции, а также растворение углерода и других элементов — наиболее характерные особенности индукционной плавки.

Из таблицы 1 видно, что растворение углерода протекает со значительным поглощением теплоты, а кремния — с выделением.. Следовательно, в индукционных печах энергетически выгоднее использовать низкокремнистые шихтовые материалы, а содержание кремния доводить до требуемого при помощи ферросплавов.

Таблица 1

Тепловые эффекты растворения

Растворитель	Растворяемый компонент	Изменение энтальпии АН, Дж/(г-атом)
Чугун (3,3% С)	Сталь (0,6% С)	1360
Чугун (3% С)	Кокс	11723
Чугун (3% С)	ФС-75	—3893

Угары элементов и весь процесс плавки в индукционной печи с кислой футеровкой тесно связан с равновесием тигельной реакции. На рисунке 55 представлена диаграмма равновесных значений С и Si при различных температурах. Если в индукционной печи плавить чугун с низким, содержанием кремния и высоким содержанием углерода, то при достижении равновесной для данных концентраций С и Si температуры начинается тигельная реакция, что

приводит к повышенному износу тигля печи. Поэтому температурный режим плавки в печи с кислой футеровкой необходимо выбирать в зависимости от химического состава перегреваемого жидкого чугуна.

1.2. Технология плавки в индукционной печи.

Технологический процесс плавки в индукционной печи включает загрузку шихты, нагрев и расплавление ее, перегрев, науглероживание и доведение химического состава чугуна до заданного, а также термо-временную обработку (выдержку). Загружаемая шихта частично погружается в расплав, создавая сплошную электропроводную среду, в которой индуктором наводятся вихревые токи. Загрузка в жидкий металл (остаток от предыдущей плавки, называемый зумпфом, или «болотом») производится потому, что при использовании промышленной частоты электрического тока в дискретных элементах шихты наведение вихревых токов малоэффективно, так как они разогревают металл, и он плавится.

Масса зумпфа достигает 50% от общей массы металла в печи и соответственно влияет на длительность периодов плавки. Загрузка в «болото» может осуществляться в несколько стадий. Так, при плавке в печи емкостью 12 т и зумпфе 5 т соблюдается следующая последовательность и длительность периодов: загрузка 5—6 т (кроме возврата) — 15 мин, расплавление — 1 час 5 мин, доводка химсостава — 40 мин, загрузка возврата (2 т) — 10 мин, расплавление возврата—15 мин, доводка по температуре и скачивание шлака — 25 мин [12]. Таким образом, часовая производительность печи составляет около $\frac{1}{3}$ от ее емкости.

Иногда цикл плавки значительно отличается от описанного. Например, при плавке в индукционных тигельных печах емкостью 65 т загрузка осуществляется порциями по 7 т в «болото», объем которого составляет 58 т. Загружаемые 7 т твердого металла, подогретого до 500 °С, быстро расплавляются и через 10 минут уже производится выдача 7 т жидкого металла с температурой 1550°С.

Во время нагрева и плавления шихты происходят процессы окисления железа. Кислород воздуха окисляет также примеси железа. Окислы железа, кремния и марганца образуют шлак.

При плавке чугуна в индукционных печах для восстановления железа из FeO целесообразно расходовать карбюризатор и экономить ферросплавы. Плавку следует вести при низком содержании кремния и марганца в расплаве и высоком содержании углерода. Для этого карбюризатор необходимо вводить на дно тигля в завалку, а ферросилиций и ферромарганец — в жидкий чугун после его расплавления и перегрева.

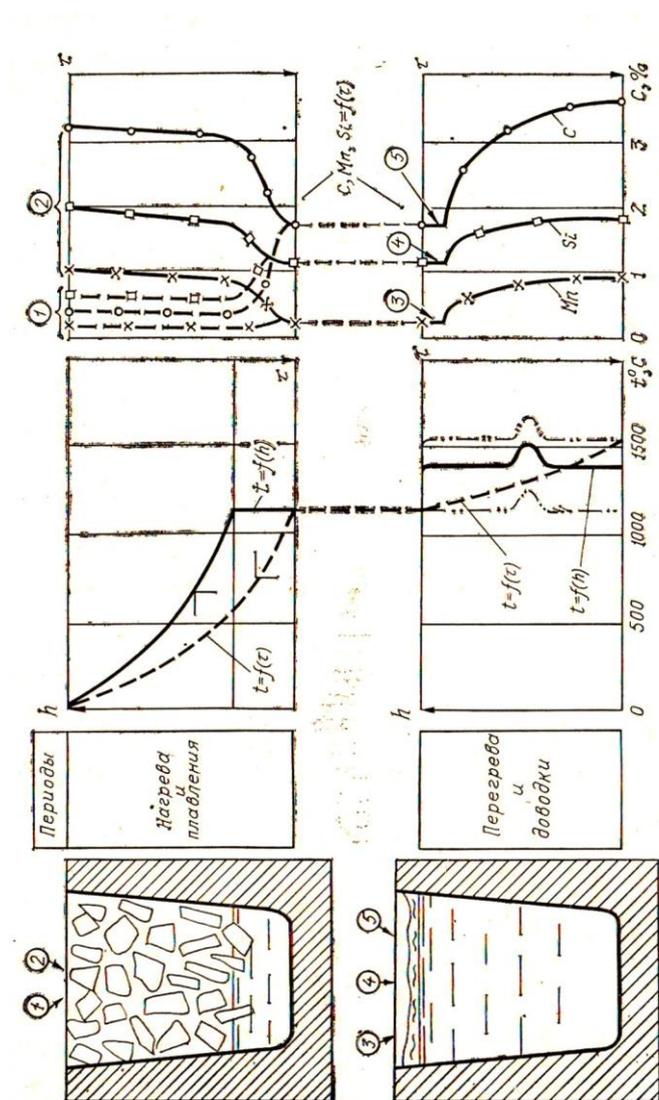


Рис. 1 Изменение температуры и состава металла в индукционной электропечи

При загрузке углеродосодержащих присадок ФС75 и ФМн5 в завалку угар C, Si и Mn составляет соответственно 18—25, 30—32 и 52—55%. Если же в

завалку вводится карбюризатор, а ФС75 и ФМп5 добавляются после перегрева печи до 1550 °С и охлаждения до 1440—1460 °С, угар С увеличивается до 30—35%, а угар Si и Мп снижается до 5—7 и 18—24% соответственно. В связи с этим, а также учитывая тепловые эффекты растворения компонентов (табл. 29), в первую очередь следует загружать карбюризатор и стальной лом, а после их расплавления и растворения — чугунный лом и возврат. Ферросплавы вводят в последнюю очередь (при доводке) .

Шлаки индукционной плавки обладают большой вязкостью, так как содержат 60—70% SiC₂ (см., рис. 61) и имеют низкую температуру, что может привести к значительным потерям металла со шлаком. Их состав связан с режимом плавки, угаром элементов и переходом, окислов из поверхностного слоя футеровки в шлак. Кислотность шлаков возрастает от 0,9—1,1 вначале плавки до 6—8 при достижении температуры 1500°С, содержание окислов железа в шлаке уменьшается с 40 до 10%, а содержание SiO₂ увеличивается с 40 до 70%. Содержание остальных компонентов изменяется незначительно (2—3% CaO; 0,5—2,5% МпО; 7—14% Al₂O₃) - Увеличение содержания SiO₂ объясняется переходом ее из футеровки за счет образования сложных соединений типа (SiO₂*nFeO*mMnO), имеющих низкую температуру плавления, а также повышением ее удельной доли в шлаке за счет снижения FeO, которая восстанавливается при высокой температуре преимущественно углеродом чугуна.

Науглероживание чугуна и доведение его до определенного химического состава — одна из основных операций индукционной плавки чугуна. Корректировку химсостава производят по расчетным данным, приведенным в таблице 28. Заключительной операцией индукционной плавки чугуна является термовременная обработка, которую производят с целью гомогенизации расплава и уменьшения вредного влияния наследственности исходных шихтовых материалов. Термовременная обработка представляет собой выдержку при

температуре, на 50°С превышающей равновесную температуру тигельной реакции. Длительность выдержки от 5 мин для СЧ 18 до 20 мин для СЧ 45.

1.3. Полипроцессы плавки чугуна.

Все процессы, протекающие в первичных агрегатах (В, ДП, ИТП), идентичны рассмотренным выше для соответствующих методов плавки монопроцессами. Изменение химсостава чугуна во вторичных агрегатах (ДП, ИТП, ИКП) связано с взаимодействием жидкого металла со шлаком и футеровкой печи. При дуплексе или триплексе с АРУ все процессы протекают в первичном агрегате и печи ожидания. Изменение химсостава в АРУ, как правило, незначительно.

Дуплекс-процессы могут осуществляться с весьма значительным изменением химсостава и даже с добавкой твердых шихтовых материалов (например, возврата и других отходов при плавке ВЧ). Такие процессы могут осуществляться только в ДП и ИТП. В этом случае процесс плавки следует рассматривать как аналогичный монопроцесс с частичной заменой твердой шихты жидкой садкой, которая при индукционной плавке характерна и для монопроцесса.

При дуплекс-процессе без введения шихты и других добавок изменение химсостава связано с угаром, а также пригаром элементов и заливкой или отбором, порций металла.

Для первого дуплекс-процесса было использовано сочетание вагранки с дуговой печью. Его несколько десятилетий назад начали применять для выплавки КЧ. Технология плавки этим дуплекс-процессом заключается в том, что в подготовленную дуговую печь за 1—2 часа до начала разливки заливают жидкий чугун из вагранки. При использовании отходов (что практикуется при производстве ВЧ) их загружают на подину печи до слива ваграночного чугуна. После заливки чугуна в ДП процесс ведется аналогично монопроцессу в период доводки. Так как в дуговых печах химсостав чугуна значительно изменяется, его необходимо корректировать по результатам экспресс-анализа (см. табл. 28).

Значительно меньшим изменениям подвержен химсостав чугуна при использовании канальных печей.

Дуплекс-процесс вагранка * индукционная канальная печь широко распространен в мировой практике. В нашей стране он внедрен на ЗИЛе, ГАЗе и других заводах. Применение такого способа плавки целесообразно в случаях, когда требуются большие объемы металла, стабильного по составу и температуре, например, в цехах массового производства автомобилей и тракторов.

Обычно в канальной печи чугун не доводят до заданного состава. Ее используют только для усреднения состава и подогрева жидкого чугуна. Присадки при необходимости вводят в передаточные ковши или на желоб. Чтобы обеспечить усреднение чугуна по составу и температуре, необходимо постоянно поддерживать его количество на уровне $2/3$ объема печи.

В большинстве случаев в таких дуплекс-процессах применяют две вагранки, работающие с одной канальной печью. Новая вагранка с длительной плавочной кампанией (неделя и больше) заменяет две обычные.

При передаче жидкого чугуна в индукционную канальную печь необходимо тщательно отделить шлак. Попадание в нее шлака резко повышает износ футеровки. Накопившийся в канальной печи шлак необходимо периодически удалять.

Дуплекс-процесс В — ИТП также широко распространен в литейных цехах машиностроительных заводов. Применение индукционных тигельных печей в качестве вторичного агрегата целесообразно в тех случаях, когда в течение смены необходимо получать несколько марок чугуна. В этих печах легче корректировать состав чугуна присадками ферросплавов, карбюризаторов или стальных отходов. Корректировка производится в соответствии с данными таблицы 28.

В дуплекс-процессе ИТП — ИКП чугун получают из шихт на базе мелкого стального лома и отходов. Этот процесс позволяет использовать технологические преимущества индукционных тигельных печей.

На ВАЗе при производстве серого чугуна используют дуплекс-процесс, состоящий из тигельной индукционной печи емкостью 25 т и канальной печи полезной емкостью 45 т [35]. В качестве шихты применяют отходы кузнечно-прессового производства, возврат и небольшое количество литейного чугуна. Металл из одной печи в другую передается по желобу. Средний химический состав шихты (%): С- 2,179; Si—2,078; Mn - 0,624; S — 0,05; P— 0,058; Cr — 0,184; Sn— 0,035; Ni — 0,0183; Cu — 0,089. Плавка продолжается около 3 часов.

Контрольные вопросы по теме.

1. Как работает индукционная тигельная печь?
2. Какие особенности плавки чугуна в индукционных печах?
3. Шихтовые материалы индукционной плавки.
4. Что такое «Болото»?

Литература.

1. Rasulov S.A. Quymakorlikda metallami suyuqlantirib olish usullari. - T.:O‘zbekiston, 2005.
2. S,A. Rasulov, N.D. Turaxodjaev, Metallurgiyada quyish texnologiyasi, Toshkent, 2007y.

Тема 2. ПЛАВКА СТАЛИ В ЭЛЕКТРОПЕЧАХ

План лекции

1. Технологии плавки стали для отливок.
2. Плавка стали с окислением примесей.
3. Плавка стали без окисления.

Ключевые слова.

Электроды, дуга, дуговая печь, шихта, садка печи, десульфурация, дефосфорация.

2.1. Технологии плавки стали для отливок.

Основную массу стали в литейном производстве выплавляют в дуговых электропечах, являющихся агрегатами периодического действия. В литейных

цехах крупносерийного, конвейерного производства устанавливают большое количество печей малой емкости. При этом 3—4 печи обеспечивают металлом один конвейер. По способу загрузки дуговые печи делятся на два типа: с выкатной ванной и с поворотным сводом. Ванну печи освобождают от свода и сверху при помощи специальной бабды в нее загружают шихту. Шихта содержит 55—65% стального лома, 37—40% возврата и 2—3% передельного чугуна.

Различают кислый и основной процессы. Основной позволяет удалять из металла серу и фосфор и производить диффузионное раскисление под так называемым белым шлаком, т. е. хорошо раскисленным, не содержащим окислов железа..

В дуговых печах с основной футеровкой получают около 35% всей стали, выплавляемой в электропечах для фасонного литья; из них 20% приходится на долю высокомарганцовистых сталей, 5% — на долю высокохромистых и хромоникелевых, сталей; остальные 10% — на ответственные марки углеродистых и низколегированных сталей. Плавку стали при основном процессе ведут либо с окислением примесей, либо методом переплава, т. е. без окисления.

2.2. Плавка с окислением примесей.

При этом, шихту составляют таким образом, чтобы после расплавления содержание углерода было на 0,2—0,3% выше верхнего предела для данной марки стали. В завалку подают 3% извести и 2% железной руды, которые сразу же после расплавления образуют дефосфорирующий шлак, так как реакции (1.31) — (1.39) требуют наличия FeO в шлаке и протекают при сравнительно низких температурах. Содержание фосфора в шлаке значительно увеличивается: уже после расплавления оно составляет 1,5% (в пересчете на P₂O₅). Этот шлак удаляют и в печь снова подают известь и руду. Окисление начинается по реакциям (1.28) — (1.30). Пузырьки CO вспенивают шлак, который желательно непрерывно удалять. Так как в начальный период окисления дефосфорация продолжается, шлак вновь скачивают. Скачиваемый шлак окислительного

периода обычно содержит 40—50% CaO, 10—25% SiO₂, 12—15% FeO, 4—10% MgO, 5—10% MnO, 2—4% Al₂O₃, 0,5-2 % P₂O₅.

Для интенсификации окисления иногда производят продувку жидкого металла кислородом под давлением около 1 МПа. Кислород вводят через трубу диаметром 15—25 мм, которая снаружи защищена шамотными трубками (надетыми на стальные). Скорость выгорания углерода увеличивается с 0,3 до 0,6% в час при рудном процессе и до 1,5% в час при продувке кислородом.

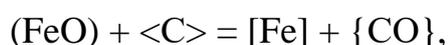
Восстановительный период включает десульфурацию, доведение температуры и состава стали до заданных значений и раскисление. В период десульфурации в печь вновь вводят известь. При этом протекают реакции (1.34) — (1.35). Шлакообразующая смесь для десульфурации, кроме извести, содержит плавиковый шпат и песок (или бой шамота). Общее количество смеси 3—5% от массы металла. После расплавления шлака его раскисляют молотым ферросилицием в смеси с коксом. Количество вводимой смеси— 10 кг/т в пропорции 1 : 1. После раскисления шлак приобретает белый цвет и после остывания на воздухе рассыпается в порошок.

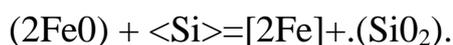
В составе шлака (табл. 2) значительно снижается содержание окислов железа, так как они восстанавливаются углеродом и кремнием:

Т а б л и ц а 2

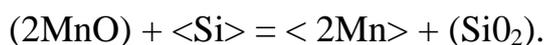
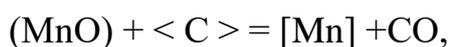
Химический состав шлака, %

Шлак	CaO	SiO ₂	FeO	MnO	MgO	Al ₂ O ₃	CaF ₂	CaS	CaC ₂
Белый	60—65	14—16	ДО 1,5	до 0,6	10—12	2,5- 4,0	5—10	ДО 1,5	2—5
Карбидный	65—66	7—8	ДО 0,5	до 0,1	13—14	2,0— 3,0	8—12	2—3	



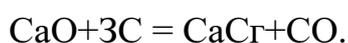


При этом равновесие $[\text{FeO}]$ (FeO) нарушается и закись железа переходит из металла в шлак, раскисление которого периодически повторяется. Восстанавливаются также и окислы марганца:



Во время восстановительного периода сталь доводят до заданного химического состава, после чего ее выпускают из печи и раскисляют алюминием. Выпуск металла можно осуществлять вместе со шлаком.. При этом за счет перемешивания металла и шлака протекает дополнительная десульфурация. Таким образом можно снизить содержание серы на 50%.

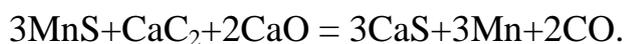
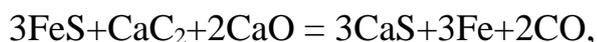
Одной из разновидностей белого шлака является карбидный (табл. 2), который образуется при некотором избытке кокса. Для его создания после скачивания окислительного шлака наводят известковый (CaO и CaF_2 80 и 20%) в количестве 3—4% от массы металла, затем на шлак подают молотый кокс в количестве 0,6—0,8% от массы металла. Кокс равномерно рассыпают по всей поверхности, печь герметизируют и включают дуговые разряды, в зоне действия которых при высокой температуре протекает реакция образования карбида кальция



При этом раскисление идет двумя путями: под белым шлаком по реакциям и за счет карбида кальция по реакциям



Удаление серы достигается в результате протекания реакций



Плавка под карбидным шлаком производится только для получения высокоуглеродистой и легированной инструментальной стали.

2.3. Плавка стали без окисления примесей.

Этот метод применяют для плавки средне- и высоколегированных сталей. Плавка в этом случае производится без добавки руды. Отсутствие окисления позволяет экономически выгодно использовать легирующие элементы, ибо они не угорают. Однако создается опасность накопления вредных примесей. Но качество стали, полученной этим методом, не уступает качеству стали, полученной при плавке с окислением примесей. Производственный опыт показывает, что накопления вредных примесей при этом не происходит. Исключение составляют высокомарганцовистые стали, которые интенсивно поглощают азот из воздуха, однако для этих сталей азот оказался полезным компонентом. Технология плавки стали в дуговой печи без окисления примесей такая же, как и с окислением. Она включает все основные операции, только окислительные шлаки не наводят, а шлак плавки удаляют и производят раскисление либо под белым шлаком, либо при помощи ферросплавов. Иногда для интенсификации процесса производят продувку ванны кислородом. Но этот процесс является уже смешанным.

Особенности кислого процесса. Этот процесс получил наибольшее распространение. Он наиболее производительен и широко применяется для углеродистых и низколегированных ста- -лей.

Кислый шлак имеет меньшую электропроводность, чем основной: дуги разрывают шлаковый покров и контактируют непосредственно с металлом, что интенсифицирует перегрев. В то же время шлак имеет более низкую

температуру и отражательную способность, чем при основном процессе. Все это способствует увеличению КПД и срока службы футеровки печи.

Для образования кислого шлака в печь обычно вводят кварцевый песок и небольшое количество железной руды и извести. Соотношение $\text{SiO}_2/\text{FeO}+\text{MnO}$ в шлаке около единицы. Под таким шлаком ванна хорошо кипит, причем кипение длится недолго. После прекращения кипения шлак сгущают присадкой песка и начинают восстановительный период.

Процесс плавки, как и в кислой мартеновской печи, может быть активным и кремнийвосстановительным. При активном процессе в металл вводят около 1 % руды, при кремнийвосстановительном — окисление заканчивается раньше и начинается восстановление кремния по реакции.

Раскисление металла при кислом процессе производят после удаления окислительного шлака. Шлак можно и не удалять, а изменить его состав. Наведение нового шлака производят при изготовлении высококачественной стали введением в печь боя шамота, песка и извести. Раскисление производят в две стадии: в процессе плавки — силикомарганцем или ферросилицием, а при выпуске — алюминием.

Рассмотрим в качестве примера плавку стали в кислой электродуговой печи ДС5МТ. Состав металлической шихты для стали 25Л: 58% стального лома, 40% возврата и 2% ПВК-1.

Подготовку печи к плавке производят следующим образом. По окончании выпуска стали очищают подину печи и откосы футеровки от остатков жидкой стали и шлака. Затем осматривают футеровку, определяя ее состояние и возможность допуска к последующей плавке. Если на футеровке стен, откосах и подине печи обнаруживаются выбоины, неровности, местные углубления, производят заправку их смесью песка с жидким стеклом. Заправку следует производить как можно быстрее, чтобы сохранить температуру футеровки после выпуска стали. Высокая температура обеспечивает лучшую привариваемость материала заправки.

При холодном ремонте или после ремонта значительных повреждений футеровки производят промывочную плавку для неответственного литья. Перед включением печи наплавление ремонтируют порог рабочего окна и заделывают ее выпускное отверстие.

Шихтовые материалы перед загрузкой взвешивают. Загрузку печи производят через ее верх, выкатывая ванну- При загрузке бадью опускают как можно ниже, чтобы не повредить подину печи ударами шихты. Мелкую шихту и стружку загружают вниз на подину. Загрузку следует вести форсированно, плотно укладывая шихту. По окончании загрузки печь ставят в первоначальное положение, закрывают замки ванны и опускают свод. Если печь холодная, перед включением под каждый из электродов подкладывают куски кокса для облегчения зажигания и: спокойного горения электрических дуг.

Затем печь включают и дают максимальную силу тока. По мере образования под электродами озерков расплавленного металла, для наведения шлака и более спокойного горения дуги: подают 6—8 лопат песка и 2—3 лопаты известняка. Плавление шихты форсируется подрезкой кислородом и сталкиванием ее с откосов в центр ванны. При выделении белого дыма с серыми, хлопьями (в этом случае говорят, что печь «снежит»), происходящем на близком положении электродуги к подине, печь надо немедленно выключить, электрод поднять и в образовавшиеся колодцы под электродами столкнуть шихту.

При полном расплавлении шихты берут пробу металла для экспресс-анализа на С, Mn, S, P. Оптимальное содержание С. в стали перед началом окислительного периода 0,45—0,70%.. Для окисления углерода в хорошо нагретый металл присаживается малыми порциями железная руда; после каждой порций дается выдержка 5—10 мин. Кипение металла должно происходить по всей поверхности. При бурном вскипании ванны печь

выключают и на шлак подают несколько лопат песка. Продолжительность окислительного периода должна быть не более 40 мин включая кипение.

При достижении среднего содержания углерода по заданному анализу, шлак должен обладать нормальной жидкоподвижностью, плотностью, тянуться в нить и в изломе иметь зеленый: цвет. Затем при достижении требуемого содержания углерода для раскисления металла в ванну присаживают ферросилиций: ФС45. При этом ванну тщательно перемешивают. Через 10— 15 мин ванну перемешивают вторично и берут пробу на рас- кисленность и температуру. Залитая в стаканчик проба металла, хорошо раскисленного кремнием, не должна искрить. При: затвердевании металл должен давать усадку. Перед выпуском металла ванну необходимо тщательно перемешать, взять еще раз пробу на раскисленность и температуру и выпустить сталь в предварительно подогретый до 800—900°С ковш. Выпускной желоб следует предварительно тщательно очистить и просушить. Перед выпуском на желоб подают силикокальций. При нормальной температуре и раскисленности кремнием за 4-5 мин до выпуска в ковш добавляют необходимое количество ферромарганца.

Окончательное раскисление стали производят алюминием, который подается на дно ковша (1,0—1,2 кг на 1 т жидкой стали). Температура на желобе должна быть 1500—1580°С по «оптическому пирометру без поправки. Металл в ковше должен быть покрыт защитным слоем, шлака толщиной 100—150 мм.

Плавка стали в индукционных электропечах. При плавке стали в кислых индукционных печах шихта должна состоять из чистых неокисланных материалов с минимальным содержанием серы и фосфора. При плавке в основных печах требования к содержанию в шихте серы и фосфора менее жесткие, так как эти печи позволяют проводить дефосфорацию и десульфурацию. Процесс плавки состоит из загрузки, расплавления, до-

водки, раскисления и выпуска расплава. Для предохранения тигля от ударов крупными кусками на дно тигля целесообразно укладывать часть мелкой шихты (лучше стружку), затем, мало- окисляемые ферросплавы и крупную шихту. Крупные куски желательно загружать ближе к стенкам тигля и укладывать плотно.

При появлении видимых участков жидкого металла в тигель вводят шлаковую смесь, в результате чего уменьшается окисление и поглощение жидким металлом газов из атмосферы. Для наведения шлака в кислую печь вводят следующие компоненты: 10% молотого стекла, 65% шамота и 25% извести или кварцевого песка. При плавке в основном тигле шлаковую смесь наводят из следующих компонентов: 60—65% извести, 15—20% магнезита и 20—25% плавикового шпата.

После расплавления основной массы шихты (80—95%) берут пробу металла на химический анализ. В процессе плавки шихты в основном тигле происходит частичная дефосфорация металла. Для предотвращения восстановления фосфора шлак удаляют и наводят новый.

После полного расплавления шихты подводимую мощность снижают до 30—40% от максимальной, стараясь не допустить перегрев. После получения анализа металла приступают к раскислению и легированию.

При плавке стали в индукционных печах ферросплавы присаживают в определенном порядке. Основное количество ферровольфрама, феррохрома и ферромolibдена вносят в завалку. Для корректировки эти сплавы загружают в тигель не позднее чем за 20 мин до выпуска, что обеспечивает их расплавление и равномерное распределение легирующего элемента по объему металла. Ферромарганец, ферросилиций и феррованадий присаживают за 7—10 мин до выпуска. Феррованадий с целью уменьшения угара присаживают в последнюю очередь. Алюминий и титан вводят в металл непосредственно перед выпуском или в ковш. Угар легирующих элементов зависит от состава стали и метода их введения. При описанной

выше технологии легирования и раскисления металла угар вольфрама составляет около 2%, марганца, хрома и ванадия 5—10%, кремния 10—15% и титана 70%.

Индукционные плавильные печи представляют собой экономичные плавильные агрегаты, позволяющие выплавлять средне- и высоколегированные марки стали при минимальных потерях, легирующих элементов.

Контрольные вопросы по теме.

1. Как работает дуговая печь?
2. Какая температура дуги и тепловой КПД дуговой печи?
3. Десульфурация и дефосфорация металла.

Литература

1. S.A. Rasulov, V.A. Grachev, Quymakorlik metallurgiyasi, Toshkent, 2004y.
2. Печи в металлургическом процессе., Бачонрапов Б.Т и другие М., Маш. 2010.

Тема- 3. ЭЛЕКТРОШЛАКОВЫЙ ПЕРЕПЛАВ СТАЛИ

План лекции.

1. Электрошлаковая обработка металла.
2. Физико - химическая характеристика ЭШП.
3. Промышленная технология ЭШП в литейном производстве.

Ключевые слова.

Шлак, переплав, обработка, ЭШП, фазы, сера, нематаллические включения.

3.1. Электрошлаковая обработка металла.

Электрошлаковый переплав, наряду с ВДП, ЭЛП и ПДП, является современным методом получения высококачественных сталей. Электрошлаковый переплав заключается в том, что переплавляемая сталь в виде расходуемого электрода погружается в ванну жидкого электропроводного шлака, который

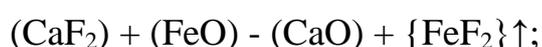
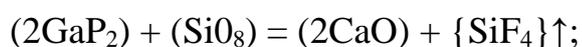
наводят в водоохлаждаемом кристаллизаторе расплавлением в нем шлаковой смеси или заливкой жидкого шлака, приготовленного в специальной шлакоплавильной печи. Переменный или постоянный электрический ток, пропускаемый по электроду и шлаку, поддерживает шлак в расплавленном состоянии при температуре 1600—1800°C, за счет чего расходуемый электрод плавится и капли металла, стекающие с торца электрода, проходят через слои химически активного шлака и очищаются от неметаллических включений и вредных примесей. Ванна жидкого металла, накапливающегося ниже шлаковой ванны, постепенно затвердевает и формируется в кристаллизаторе в виде слитка.

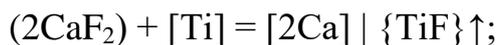
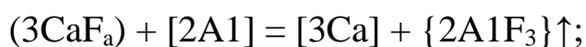
Процесс осуществляется непрерывно. Направленное затвердевание слитка с регулярным поступлением расплавленного электродного металла обеспечивает отсутствие в слитке усадочной раковины и дает плотную и однородную структуру. Шлак в значительной мере защищает жидкий металл от воздействия атмосферы. В процессе переплава на боковой поверхности слитка образуется шлаковая корочка (гарнисаж) толщиной 1—3 мм, обеспечивающая естественную тепловую и электрическую изоляцию от кристаллизатора и гладкую, чистую поверхность слитка.

3.2. Физико-химическая характеристика процесса ЭШП.

Главными особенностями ЭШП, определяющими высокую эффективность рафинирования стали, являются: высокая температура, сильно развитая поверхность контактирования, высокоосновные шлаки с низким содержанием SiO_2FeO , MnO и направленная кристаллизация отливки.

Взаимодействие фаз при ЭШП также имеет ряд особенностей, состоящих в том, что шлак почти не содержит окислов переменной валентности, которые могли бы переносить кислород из атмосферы к металлу. Кроме того, шлаки содержат CaF_2 , что способствует переходу элементов в газовую фазу по следующим реакциям:





Шлаки, содержащие CaF_2 , например АНФ-6, АНФ-7, АНФ-8, легкоплавки (температура плавления 1200—1350°C), имеют невысокую вязкость и хорошую электропроводность, но при их использовании часть элементов переходит в газовую фазу по реакциям выделяются вредные фториды, а также облегчается перенос кислорода из атмосферы через шлак. Этим недостатком лишены бесфтористые флюсы, например АН-29, АН-292.

Удаление серы при ЭШП связано как с непосредственным переходом сульфидов $[FeS] \rightarrow (FeS)$, так и с реакциями, которые, благодаря большой температуре, высокой основности шлака и развитой поверхности реагирования, протекают эффективно.

При использовании постоянного тока может происходить электрохимическое удаление серы по реакции



Удаление неметаллических включений также основывается на указанных особенностях ЭШП и в значительной степени связано с поверхностными явлениями и параметрами самого технологического процесса.

Кинетическое уравнение удаления неметаллических включений имеет следующий вид:

$$\ln \frac{K_{HB}^{исх} - K_{Al_2O_3}^{min}}{K_{HB}^{кон} - K_{Al_2O_3}^{min}} = \frac{\beta_{эф}}{v_0}$$

Где $K_{HB}^{исх}$ и $K_{HB}^{кон}$ исходная и конечная концентрации неметаллических включений, %;

$K_{Al_2O_3}^{min}$ — минимальная концентрация Al_2O_3 , %,

$$K_{Al_2O_3}^{min} = 2/3(0,0029 + 9 \cdot 10^{-4} \cdot a_c^2 + 2,6 \cdot 10^{-3} \cdot a_{Si}^{3/2})$$

v_0 — скорость наплавления слитка, м/с;

$\beta_{эф}$ — эффективный коэффициент массопереноса.

Для эффективного удаления неметаллических примесей необходимо наличие включений с малым радиусом, а также высокое поверхностное натяжение шлака и хорошее смачивание им включений.

3.3. Промышленная технология ЭШП в литейном производстве.

ЭШП используется для получения в водоохлаждаемых кристаллизаторах непосредственно фасонных отливок. Этот метод, называемый электрошлаковым литьем (ЭШЛ), удачно сочетает в себе достоинства электрошлакового переплава (получения металла высокого качества) и литья (получения изделий сложной формы). При ЭШЛ, в отличие от обычного литья, обеспечивается одновременное непрерывное приготовление и расходование жидкого металла в едином с литейной формой агрегате.

Существенным преимуществом ЭШЛ является то, что жидкий металл не взаимодействует с литейной формой, а шлаковая ванна служит защитой его от окисления во время плавки. При ЭШЛ применяются две основные схемы процесса. По первой схеме (рис. 2, а) сталь плавится и кристаллизуется непосредственно в литейной форме, как это имеет место при ЭШП слитка в слиток, когда по расположению металлический электрод со-осен с отливкой.

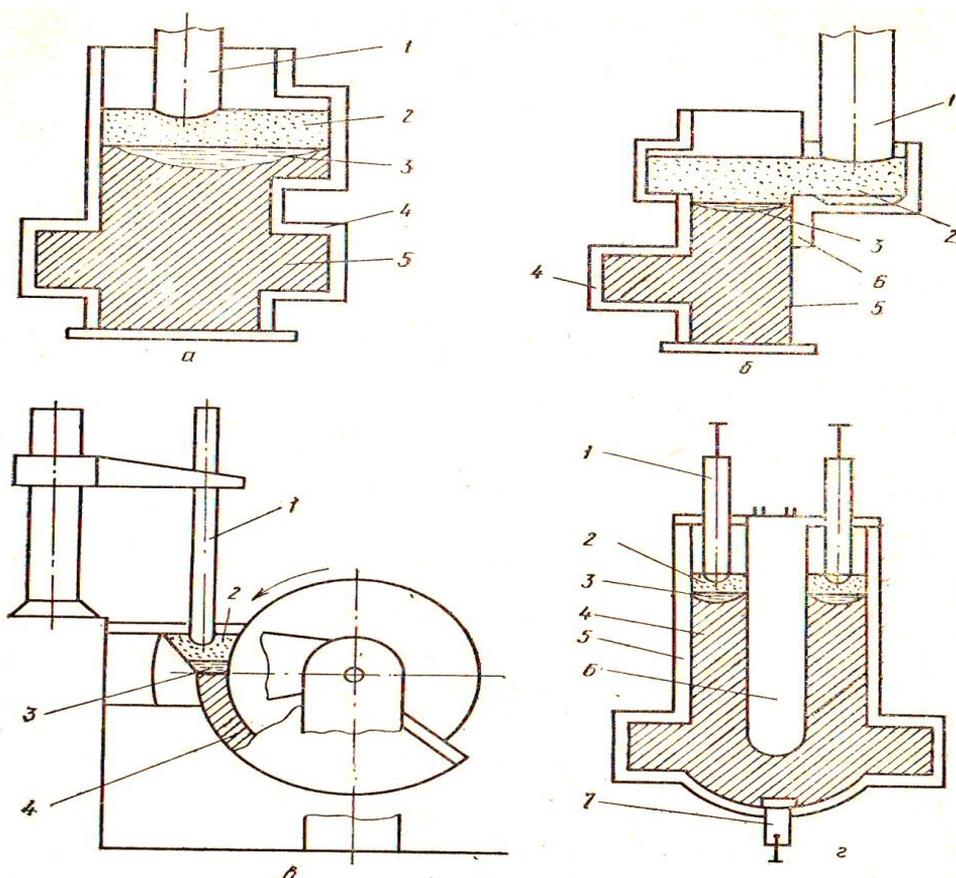


Рис.2 Схемы процесса ЭШП:

a — непосредственно в кристаллизаторе: 1 — расходимый электрод, 2 — шлаковая ванна, 3 — металлическая ванна, 4 — неподвижный кристаллизатор, 5 — отливка; *б* — с переливом металла: 1 — расходимый электрод, 2 — шлаковая ванна, 3 — металлическая ванна, 4 — неподвижный кристаллизатор, 5 — отливка, 6 — подвижная плавильная емкость; *в* — схема ЭШЛ сферического днища: 1 — расходимый электрод, 2 — шлаковая ванна, 3 — металлическая ванна, 4 — отливка; *г* — схема ЭШЛ корпуса запорной арматуры: 1 — расходимый электрод, 2 — шлаковая ванна, 3 — металлическая ванна, 4 — отливка, 5 — кристаллизатор, 6 — дрон, 7 — заправка.

По второй схеме (рис. 2,б) получение отливки ведется с непрерывным переливом жидкого металла из плавильной емкости в полость водоохлаждаемой формы. При этом плавильная емкость перемещается относительно неподвижной литейной формы по мере заполнения ее металлом отливки. В результате перелива удается повысить степень рафинирования жидкого металла, в частности интенсифицировать его дегазацию, в том числе и удаление водорода. Перелив

металла значительно расширяет возможности ЭШЛ по получению отливок сложной и разнообразной формы. Кроме того, появляется возможность получения биметаллических, а в принципе и многослойных отливок.

При ЭШЛ отливка получается без прибыльной части, так как условия кристаллизации исключают возможность образования усадочной раковины и осевой рыхлости. Объединение плавильного агрегата с литейной формой полностью исключает затраты металла на литниковую систему. Для формирования внутренних полостей в отливках обычно используются неподвижные дроны, играющие роль стержня литейной формы). ЭШЛ широко применяется для отливки деталей, работающих под высоким давлением (рис. 2).

Технология ЭШЛ включает следующие операции: приготовление расходуемых электродов, подготовка печи, подготовка флюса, старт и стабилизация, переплав, формирование верхней части слитка (хот-топпинг), остывание в кристаллизаторе и извлечение отливки. Это единственный процесс, когда отливка «извлекается» из печи.

Металл для изготовления расходуемых электродов выплавляют в обычных сталеплавильных печах. Один из наиболее прогрессивных способов изготовления электродов — непрерывная разливка. Техническими условиями на расходуемые электроды оговариваются химсостав, технология выплавки исходного металла, требования к поверхности электрода, допуски на криво-линейность и разнотолщинность.

Плавка начинается со старта, который может быть твердым или жидким. При твердом старте наведение ванны шлака производится непосредственно в кристаллизаторе расплавлением стартовой экзотермической смеси. При жидком старте шлак плавят в специальной шлакоплавильной печи. Шлаковую ванну необходимо прогреть, чтобы стабилизировать процесс. Электрод при этом разогревается, начинается его плавление и устанавливается заданный электрический режим плавки. По мере оплавления электрода, его подают в

шлаковую ванну, уровень которой вместе с уровнем металла повышается, но медленнее, чем оплавляется электрод. Подачу осуществляют при помощи автоматического привода.

После основного периода плавки, т. е. когда весь слиток уже наплавлен, мощность уменьшают и осуществляют подпитку головной части (хот-топпинг); усадочные дефекты сводят до минимума. Метод ЭШЛ позволяет приготовить металл, очищенный от вредных примесей, с плотной, равномерной структурой, что обеспечивает возможность изготовления сложных отливок со свойствами, которые невозможно получить другими методами плавки.

Контрольные вопросы по теме.

1. Какие бывают шлаки?
2. Шлаки электрошлаковой печи?
3. Характеристики ЭШП.
4. Характеристики ЭШЛ.

Литература

1. Rasulov S.A. Quymakorlikda metallami suyuqlantirib olish usullari. - T.:O'zbekiston, 2005.
2. S,A. Rasulov, N.D. Turaxodjaev, Metallurgiyada quyish texnologiyasi, Toshkent, 2007y.

IV. МАТЕРИАЛЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1-практическая работа: Плавка, рафинирование, и модифицирование алюминиевых сплавов

Цель работы: ознакомление с технологией плавки сплавов, методами рафинирования, изучение влияния на структуру силуминов.

Сплавы алюминия: с различными металлами, главным образом: с медью кремнием, железом, никелем, марганцем, цинком, титаном в настоящее время получили широкое применение, благодаря высоким механическим свойствам в сочетании с небольшим удельным весом. Кроме того они обладают хорошей электро-и, теплопроводностью, хорошей обрабатываемостью.

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

Литейные сплавы подразделяют на 5 групп:

1) сплавы на основе системы алюминий-кремний (силумины):

Ал2, Ал4, Ал9, Ал4В, Ал9В

2) сплавы на основе системы алюминий - медь:

Ал7, Ал7В, Ал 12, Ал 19

3) сплавы на основе системы алюминий — магний

Ал8, Ал 13, Ал22

4) сплавы системы алюминий - кремний — медь:

Ал3, Ал3В, Ал5, Ал6, Ал 10В, Ал 14В, Ал 15В

5) прочие сплавы

Ал1, Ал11В, Ал 16В, Ал 17В, Ал 18В, Ал20, Ал21.

На практике отливки чаще всего изготавливаются из сплавов первой и четвертой групп.

При плавке алюминия и алюминиевых сплавов для получения качественных слитков или фасонных отливок необходимо учитывать быструю окисляемость металла, большую способность его к поглощению газов.

Алюминий обладает большим средством к кислороду, поэтому быстро окисляется, покрываясь пленкой окиси (Al_2O_3), которая, находясь на поверхности расплавленного металла, препятствует дальнейшему окислению, являясь хорошей защитной пленкой. Перемешивание расплава сопровождается разрушением окисной пленки и замешиванием ее в расплав.

При плавке на воздухе алюминий не только окисляется, но и насыщается газами, главным образом водородом (содержания водорода в алюминии составляет 60-90% от общего содержания газов). Растворимость водорода в жидком алюминии больше, чем в твердом, при кристаллизации он выделяется в виде пузырей. Пленка окиси алюминия на поверхности металла, благодаря своей прочности, задерживает выделение газа из металла.

Для предохранения алюминия от окисления и насыщения водородом плавку ведут под слоем флюса, состоящего обычно из смеси солей $NaCl$ и KCl (45% $NaCl$ и 55% KCl) в количестве 1-2% от веса шихты. Чем больше в шихте содержится мелких отходов, тем больше вводят флюса. Рекомендуются также флюсы, в состав которых, кроме хлоридов, вводят фтористые соли.

Взаимодействие алюминиевых расплавов с парами воды особенно вредно, так как способствует одновременно загрязнению их окислами и водородом. Для предотвращения этого принимают меры по удалению влаги из футеровки плавильных печей и разливочных устройств, рафинирующие флюсы подвергают прокалке и окраске плавильно-разливочный инструмент; производят подогрев очистку и сушку шихтовых материалов. Однако как бы тщательно ни проводилась плавка на воздухе, алюминиевые расплавы всегда оказываются загрязненными оксидами, нитридами, карбидами, включениями шлака и водородом.

Неметаллические включения, присутствующие в алюминиевых расплавах как в виде неравномерно распределенных по объему макроскопических крупных частиц и плен, так и в виде тонкодисперсных взвесей, относительно равномерно распределенные по объему, снижают качество приготовленного сплава и вызывают различные дефекты в отливках: газовую пористость, шлаковые и окисные засоры. Эти дефекты не только снижают механические свойства отливок, но и ухудшают их герметичность, коррозионную стойкость обрабатываемость.

Таким образом при плавке алюминиевых сплавов приходится бороться с окислением металла, газонасыщением и неметаллическими включениями.

2-практическая работа: Рафинирование и дегазация алюминиевых сплавов

Цель работы: ознакомление с методами рафинирования.

Рафинирование является необходимой технологической операцией приготовления литейных алюминиевых сплавов, так как применение защитных мер полностью не предотвращает от загрязнения сплавов не металлическими примесями.

Методы рафинирования алюминиевых сплавов весьма разнообразны. Адсорбционные построены по следующей принципиальной схеме:

Введение в расплав или образование в нем рафинирующего газа, адсорбция рафинирующим газом водорода и неметаллических примесей и удаление из расплава при всплывании на поверхность. К адсорбционным метода относятся: рафинирование инертными газами, хлором, хлористыми солями и Флюсами.

а) рафинирование инертными газами В качестве рафинирующих инертных газов используется азот, аргон и гелий. Газ пропускается снизу через всю толщу расплава; в пузырьки газа диффундирует водород, находящийся в расплаве. Всплывающие пузырьки встречают на пути взвешенные неметаллические включения и выносят их на поверхность. Таким образом, происходит одновременная очистка сплава от растворенного водорода и от взвешенных частиц.

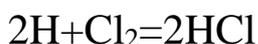
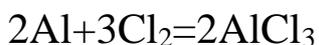
Наиболее дешевым инертным газом является азот, однако продувка им не обеспечивает достаточно поздней дегазации. Продувку азотом осуществляют при температуре 670-6900С, так как при температуре выше 7000 С азот образует с алюминием нерастворимые нитриды, загрязняющие сплав. Технически газообразований и жидкий азот содержит до 2,5% примесей: воду, кислород и др., поэтому производят предварительное обезвоживание его. Для этого азот из баллона через гибкий шланг подается в сосуд с поглотителем, а затем обезвоженный азот через кварцевую трубку, опущенную в тигель, поступает в расплав.

Наилучший эффект дегазации достигается при продувке расплава мелкими пузырьками азота. Поэтому на конце трубки обычно делается насадка с отверстиями. Избыточное рафинирование устанавливается опытным путем в зависимости от загрязненности сплава (5-15 мин.). После рафинирования сплаву дают отстояться в течение 5-10 мин. для того, чтобы пузырьки газа и флотируемые ими неметаллические включения успели всплыть.

Обработка аргоном применяется редко и проводится при температуре 730-7500 С в течение 10-15 мин. при давлении 0,1-0,2 ат.

б) Рафинирование хлором

хлорирование является одним из наиболее эффективных способов рафинирования алюминиевых сплавов. В отличие от азота хлор активнее, согласно реакциям:

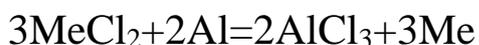


Продукты реакции — газообразный хлористый алюминий и хлористый водород действуют аналогично инертным газам. Продувка хлором производится в ковшах, устанавливаемых в хлорных камерах с соблюдением правил предосторожности. Хлор, обезвоженный в сосуде с поглотителем, поступает в расплав через кварцевую трубу. Избыточное давление хлора 80-120 мм рт. ст.

Оптимальное время хлорирования зависит от загрязненности расплава и составляет обычно 7-12 мин, температура хлорирования 720-7300 С, Процесс хлоривания алюминиевых сплавов является наиболее эффективным методом дегазации и рафинирования алюминиевых сплавов, но хлор токсичен, поэтому широкого применения этот способ не нашел.

в) Рафинирование хлористыми солями

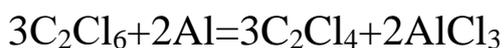
В качестве рафинирующих применяются соли, которые легко разлагаются или испаряются: $ZnCl_2$, $MnCl_2$, $CuCl_2$, $AlCl_3$ и др. Рафинирующее действие соли $ZnCl_2$ и $MnCl_2$ основано на их реакции с алюминием



в результате которой образуется газообразованный хлористый алюминий, а восстановленный цинк или марганец переходит в расплав. Пузырьки хлористого алюминия действуют так же, как и инертный газ.

Ввиду повышенной гигроскопичности этих солей, особенно $ZnCl_2$ требуется их тщательная подготовка перед рафинированием. Хлористый цинк переплавляют при температуре 380-400С и размельчают, а хлористый марганец просушивают при этой же температуре в течении 4-6 часов соли в количестве 0,1-0,2 % веса шихты вводятся в расплав с помощью «колокольчика».

Гексахлортан применяемый в качестве рафинирующей, соли имеет некоторые преимущества по сравнению с хлористым цинком и марганцем: он негигроскопичен при взаимодействии с расплавленным алюминием обладает большой газотворной способностью:



Для увеличения эффективности рафинирования гексахлорэтан следует вводит в расплав в несколько приемов . Температура рафиниоования 730- 7500С.

г) Рафинирование флюсами:

Для рафинирования алюминиевых сплавов флюсами используют покровно рафинирующие флюсы, которые защищают сплавы от воздействия атмосферы печи, способствуют очищению сплавов от окисных включений и дегазируют их. Рафинирующие действие флюсов заключается в том что они абсорбирует до 10 весовых .% окиси алюминия и растворяют их; при этом удаляется и водород образующий с окисью алюминия комплексы.

Покровно-рафинирующие флюсы должны быть легкоплавкими и легкими, чем обрабатываемые ими сплавы, иметь хорошую жидкотекучесть, высокое поверхностное натяжение. Эти требования удовлетворяются правильным подбором компонентов входящих в состав флюсовых смесей, хлористый натрий и калий в соотношении 1:1, образует легкоплавкую эвтектику, фтористый натрий увеличивает поверхностное натяжение, криолит способствует абсорбции и растворению окиси алюминия, покровные рафинирующие флюсы в количестве 0,5 — 1 % веса шихты засыпают на поверхность расплава (покровные флюсы в количестве 2- 3 % веса шихты засыпают на поверхность чушек сразу после загрузки их в печь).

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

Абсорбционные методы рафинирования обладают одним общим недостатком: рафинирующие газы и флюсы практически не могут охватить весь объем расплава и очищают только те участки через которые проходят газы или участки, где расплав контактирует с флюсом.

Не абсорбционные методы рафинирования является более активными по сравнению с абсорбционными. Они основаны на физических процессах при которых достигается нарушение равновесия системы металл — шлак — газ во всем объеме расплава.

д) Вакуумирование сплавов

Сущность этого метода заключается в том, что понижением с давления растворимость водорода в сплаве уменьшается согласно уравнению

$$S=n\sqrt{p}$$

где p - давление газа над расплавом.

Водород в расплаве, находящийся в ионизированном или атомарном состоянии, переходит в молекулярное состояние; происходит образование пузырьков, их рост и всплывание на поверхность.

Вакуумирование сплава перед заливкой производится в специальной камере, в которой поддерживается разрежение 1 - 10 мм рт.ст. Время вакуумирования 10—15 мин. в зависимости от загрязненности сплава.

Наиболее совершенным способом получения качественных сплавов является плавка и заливка под вакуумом. Очистку алюминиевых сплавов можно производить с помощью ультразвука, фильтрации и пропусканием через расплав постоянного тока и др., наиболее широко из этих способов применяется фильтрация расплавов через металлическую сетку на стеклоткань, кусковые фильтры и расплавы солей.

3-практическая работа: Модифицирование алюминиевых сплавов

Цель работы: Ознакомление с модифицированием алюминиевых сплавов.

Модифицирование используется для улучшения механических и других свойств сплавов. Оно заключается в обработке расплавов перед разливкой специальными добавками, называемыми модификаторами, которые изменяют структурные составляющие сплава.

Все модификаторы можно разделить на 2 основные группы. Модификаторы первой группы образуют в расплаве высоко дисперсную иногда коллоидную взвесь, частицы которых являются готовыми зародышками, вокруг которых при соответствующих условиях начинается кристаллизация. Модификаторы этой группы увеличивают число центров кристаллизации и способствуют измельчению структуры.

Модификаторы второй группы являются поверхностно активными веществами по отношению к растущим кристаллам какой либо фазы абсорбируясь на поверхностях растущих граней, они замедляют или совсем прекращают рост кристаллов в некоторых направлениях. При этом изменяется не только размеры но и форма кристаллизирующихся фаз.

Модифицирование является необходимой технологической операцией для сплавов с высоким (более 6%) содержанием кремния, если он кристаллизуется в составе двойной эфететики. Грубые пластинчатой формы частицы кремния снижают механические свойства сплавов, особенно удлинение.

Модификаторами обычно служат: металлический натрий или натриевые хлористые и фтористые соли. Введение натрия в расплавленный алюминий вследствие низкой температуры кипения - 8800 С . и большой химической активностью сопряжено с рядом трудностями, большим угаром натрия и газонасыщением расплава, поэтому в произведенных условиях алюминиевые сплавы модифицирует солями натрия.

Предварительно переплавленный размолотый модификатор в количестве 1,5 - 2 % веса шихты насыпается на поверхность расплава нагретого до температуры модифицирования. Сплав выдерживается под слоем модифицирующего флюса в течении 10 -15 мин. Протекает реакция с выделением натрия.

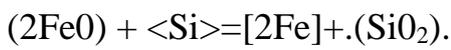
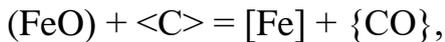
V.Банк кейсов

1-кейс: В составе шлака (табл. 2) значительно снижается содержание окислов железа, так как они восстанавливаются углеродом и кремнием:

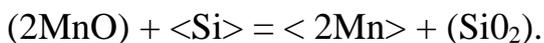
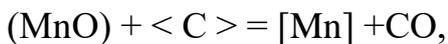
Т а б л и ц а 2

Химический состав шлака, %

Шлак	CaO	SiO ₂	FeO	MnO	MgO	Al ₂ O ₃	CaF ₂	CaS	CaC ₂
Белый	60—65	14—16	ДО 1,5	до 0,6	10—12	2,5- 4,0		ДО 1,5	
Карбидный	65—66	7—8	ДО 0,5	до 0,1	13—14	2,0— 3,0	8—12	2—3	2—5

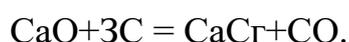


При этом равновесие $[\text{FeO}] \text{ (FeO)}$ нарушается и закись железа переходит из металла в шлак, раскисление которого периодически повторяется. Восстанавливаются также и окислы марганца:



Во время восстановительного периода сталь доводят до заданного химического состава, после чего ее выпускают из печи и раскисляют алюминием. Выпуск металла можно осуществлять вместе со шлаком.. При этом за счет перемешивания металла и шлака протекает дополнительная десульфурация. Таким образом можно снизить содержание серы на 50%.

Одной из разновидностей белого шлака является карбидный (табл. 2), который образуется при некотором избытке кокса. Для его создания после скачивания окислительного шлака наводят известковый (CaO и CaF₂ 80 и 20%) в количестве 3—4% от массы металла, затем на шлак подают молотый кокс в количестве 0,6—0,8% от массы металла. Кокс равномерно рассыпают по всей поверхности, печь герметизируют и включают дуговые разряды, в зоне действия которых при высокой температуре протекает реакция образования карбида кальция



1- задача: Какими путями идет раскисление?

2-задача: В результате чего достигается удаление серы?

2-кейс: Электромагнитное перемешивание ванны при плавке, обеспечивающее однородность расплава и состава чугуна; возможность регулирования содержания серы и углерода, а также доводки чугуна по химическому составу и перегрева до заданной температуры; возможность применения в шихте дешевого сырья, в том числе высечки, стружки и других отходов; минимальный угар (0,6—2,0 %); существенное улучшение условий труда по сравнению с условиями при дуговой плавке; низкий удельный расход огнеупорных материалов (около 2 кг кварцитов на 1 т жидкого чугуна); высокую приспособляемость к условиям работы литейных цехов (технологическую гибкость).

Стоимость чугуна, выплавленного в индукционных печах, может быть ниже, чем ваграночных чугунов, за счет использования более дешевой шихты. Установка индукционных печей требует высоких капиталовложений, однако срок их окупаемости более короткий. Например, для получения 50 т жидкого чугуна в час соотношение капиталовложений для вагранки, дуговой и индукционной печей составляет соответственно 5:6:7. При плавке в индукционных печах необходима рациональная подготовка шихты, т. е. удаление влаги, масла, эмульсии и других загрязнений, в особенности из стружки. Подогрев шихты до 650 °С в специальных

подогревателях или в бадьях позволяет существенно повысить производительность индукционных печей.

Сравнивая основные характеристики электропечей — удельную мощность и скорость плавления, можно установить прямую зависимость производительности электропечей от удельной мощности, которая изменяется от 150 кВт на 1 т жидкого металла для канальных индукционных печей до 800—1000 кВт/т для тигельных индукционных и дуговых печей. Чем больше удельная мощность, тем выше производительность печей. Наиболее высокая производительность по выпуску жидкого металла наблюдается для дуговых электропечей. Их применение эффективно для расплавления твердой шихты; термический КПД при расплавлении составляет около 80 %, однако в режиме перегрева жидкого металла он достигает только 20 %.

Учитывая положительные и отрицательные характеристики плавильных агрегатов и необходимость выплавки высококачественных чугунов, все большее распространение получают комбинированные способы плавки, включающие использование двух последовательно работающих плавильных агрегатов (дуплекс-процессов) или даже трех агрегатов (триплекс-процессов) с учетом их КПД на отдельных этапах плавки.

Задача: 1. Что позволяет применение таких процессов?

2. Недостатки плавки в одном агрегате?

VI. Глоссарий

Абразивная обработка	Жараён шлифовки или изнашивания с помощью абразивов.	Абразив ишлов бериш жараёни
Абразив	Жесткая субстанция, используемая для шлифовки, правления оселком, суперфиниширования, полирования, абразивной продувки или внутреннем шлифовании.	Ички шлифлаш учун фойдаланиладиган босим остида юзани ишдан чиқарувчи қаттиқ субстанция.
Абразивное колесо	Шлифовальный круг, составленный из зернистого абразива и связующего материала	Донадор абразив ва боғловчи материалдан таркиб топган шлифовчи доира
Игольчатый феррит	Высокодисперсный произвольно ориентированный феррит.	Юқори дисперс феррит
Игольчато-ферритные стали	Углеродистые стали с ультранизким содержанием углерода (%) имеющие микроструктуру,	Ультра паст таркибли микроструктурага эга бўлган углеродли пўлат
Кислота	Химическое вещество, которое содержит водородные ионы (H ⁺). Термин, применяемый к шлакам, огнеупорам и полезным ископаемым, содержащим высокий процент кремнезема.	(H ⁺). Кимёвий мода водоод ионли оловбардош кремнезёми юқори бўлган шлакларга нисбатан ишлатиладиган термин
Кислая футеровка	Внутренняя футеровка в печи, состоящая из 8материалов в виде песка, кремне-содержащей или кирпичей на основе кремнезема, которые дают кислотную реакцию при рабочей температуре	Печнинг ишчи хароратида кислотавий реакцияларни келтирб чиқарувчи печнинг кремний таркибли, кум асосли ғиштли ички қопламаси.
Активный металл.	Легко корродирующий металл.	Осон эрийдиган металл
Биметалл.	Составное соединение, состоящее из сплава с алюминиевой основой и с одной или обеих сторон металлургическим способом соединенное с алюминием или алюминиевым сплавом.	Асоси алюминий таркибли қўшилмалар ва икки тарафдан металлургик усулда алюминий қотишмаси билан уланган таркибли қўшилма.
Аллотропия.	Существование элементов в двух или более кристаллических состояниях.	Элементларнинг кки ва ундан ортиқ кристаллик тўзилиши
Сплав	Материал, имеющий металлические свойства и состоящий из двух или более химических элементов,	Икки ва ундан ортиқ кимёвий элементдан ташкил топган металл хусусиятига эга бўлган материал
Легированные чугуны.	Чугуны, содержащие больше чем 3 % легирующих элементов. Различают легированные белые чугуны, серые чугуны, ковкие 13чугуны.	Таркибида 3% легируловчи элементи бор бўлган чўянлар. Легирланган оқ чўян, кулранг ва болғалаувчан чўянларга ажратилади.
Легирующий	Элемент, добавляемый и остающийся	Металлда қолиб унинг

элемент.	в металле, который изменяет его структуру и химический состав.	кимёвий таркибини ва тўзилишини ўзгартирадиган элемент
Легированные стали	Содержащие определенное количество легирующих элементов в пределах необходимых для конструкционных легированных сталей, с целью изменения их механических или физических свойств.	Конструкция пўлатлар учун керакли аниқ легиловчи элемент таркибли механик ва физик хусусиятларини ўзгартирувчи пўлатлар
Системы сплавов	Ряд составов сплавов, образованных соединением в определенных пропорциях любых групп двух или более компонентов, из которых по крайней мере один является металлом.	икки ва ундан ортик элементдан ташкил топган қотишмаларнинг турли гуруҳдаги тўзилишининг қатори
Аморфный.	Не имеющий кристаллической структуры; некристаллический.	Кристалл тузилшга эга бўлмаган, кристалл бўлмаган қотишма
Эластичность.	Свойство твердого материала при приложении определенной нагрузки, ведущей к деформации, возвращаться в исходное состояние после снятия нагрузки.	Қаттиқ материалнинг хусусияти к деформацияланиб, юқдан бўшатиладиган жойига қайтадиган холати.
Анодирование	Формирование покрытия на металлической поверхности путем анодного окисления, наиболее часто применяемое для алюминия.	Алюминийда ишлатиладиган юзани металл қоплама билан анодли оксидланишининг вужудга келиши
Анолит	Ближайшая аноду часть электролита.	Электролитнинг анодланган қисми
Дуга	Разряд электрического тока, пересекающего промежуток между двумя электродами.	Икки электрод орқали ўтувчи электр тоқининг разряди
Дуговая печь	Печь, в которой металл расплавлен непосредственно электрической дугой, образующейся между электродом и его поверхностью	Электрод орқали металл аралашма билан металл суюқлантирувчи печь
Литое состояние	Отливки, удаленные из формы без последующей термообработки	Термик ишлов беришсиз қолипдан чиқарилган қотишма
Аустенит	Твердый раствор одного или более элементов в гранцентрированной решетке железа.	Темирнинг хажми марказлашган панжарали қаттиқ қотишмаси
Бейнит	Метастабильная смесь феррита и цементита, полученная в результате распада аустенита при температурах ниже перлитного превращения	Феррит ва цементит аралашмаси
Основание.	Химическое вещество, образующее ионы гидроксида (ОН) при растворении в воде.	Сувда эрийдиган кимёвий модда гидроксид ионларини(ОН) ҳосил қилувчи
Основной металл	Металл, являющийся основой сплава,	Қотишмани асосини ташкил

	латунь, например, является сплавом с медной основой.	этувчи металл
Основная футеровка и облицовка	Внутренняя футеровка и облицовка плавильной печи, состоящие из материалов типа доломита, магнезита, магнезитовых кирпичей или основного шлака, которые дают основную реакцию при рабочей температуре.	Суоқлантуручи печнинг ички қоғламаси доломит, магнезит ғиштлари ёки ишчи хароратда асосий реакцияга киришадиган асосий шлак
Основной кислородный конвертер	Эта печь, футерованная основным огнеупором, является важнейшим типом печи для современного сталелитейного дела.	Конвертордан хаво пуркаш орқали чўндан пўлат эритиб олувчи асосий оловбардошлардан тўзилган печь.
Ковш	Ковш	Ковш
Печь периодического действия	Печь используемая для нагрева порций металла. Эти печи необходимы для нагрева крупных слитков	Катта слиткаларни эритувчи ўзлуксиз печь.
Доменная печь	Шахтная печь, в которой сжигается твердое топливо с подачей воздуха для расплавления руды в течение длительного времени.	Коксли қаттиқ қотишмада ёнадиган шахтали печь
Карбид	Химическое соединение углерода с одним или более металлическими элементами.	Бир ва ундан кўп металллик элементларнинг углерод билан кимёвий қўшилмаси
Углеродистая сталь	Сталь, содержащая не более принимаемых за норму концентрации 1,65 % марганца, 0,60 % кремния и 0,60 % меди — и	Таркибида 1,65 % марганец, 0,60 % кремний и 0,60 % мис бўлган пўлат.
Кокс	Пористое, серое, неплавящееся вещество, изготовленное путем сухой дистилляции битумного угля, нефти или каменноугольной смолы	Ғовакли, кулранг суоқланмайдиган тошқўмир смоласи ёки нефть битумқўмирининг курук дистилляциясидан тайёрланган мода,
Измельчение	Размельчение металла до порошка механическим способом.	Металлни механик усулда кукун сифатда майдалаш
Чугун с вермикулярным графитом	Чугун, имеющий графит в форме, типичной для серого чугуна и сферической формой высокопрочного чугуна. чугуна содержат от 3,1 до 4,0 % С, от 1,7 до 3,0 % кремния и от 0,1 до 0,6 % марганца	Шақли сферик бўлган юқоримустаҳкам чўян. Таркибида 3,1 дан то 4,0 % С, бўлган 1,7 -3,0 % кремний ва 0,1 -0,6 % гача марганецли Вермикулярграфитли чўян.
Печь непрерывного типа	Методическая печь для горячей обработки материалов, которые продвигаются непрерывно через печь, входя с одного конца, и выгружаются через другой	Бир тарафдан юкланиб, бошқа тарафдан куйиладиган ва металларга иссиқлайин ишлов бериладиган печь.
Конвертер	Печь, в которой воздух, продуваемый через ванну жидкого металла, окисляет примеси и вследствие	Суоқ металл ванасидан хавопуфлаш орқали оксидланиши натижасида

	окислительной реакции поднимает температуру. Типичный конвертер использует для обезуглероживания аргоно-кислородную смесь	хароратни ошириб, аргон кислородли аралашмани углеродсизлантирадиган печь
Напряжения при охлаждении	Остаточные напряжения в отливках, обусловленные неоднородным распределением температуры при охлаждении.	Қуймалардаги совутиш натижасидаги қолдиқ кучланиш
Коррозионная стойкость	Способность материала противостоять воздействию коррозионной среды без изменения своих свойств.	Материалнинг хусусиятини йўқотмайдиган каррозия бардошлиқ жихати
Обезугле-роживание	Потеря углерода из поверхностного слоя углеродсодержащих сплавов благодаря реакции с одним или большим количеством химических соединений в среде, которая входит в контакт с поверхностью.	Юза контакти орқали кимёвий реакция натижасида қотишмаларнинг юзаси қаватдаги углеродни йўқотиши
Деформация	Изменение формы тела благодаря напряжению, тепловому изменению.	Жисм формасини иссиқлик кучи остида ўзгариши
Раскисление	Удаление избыточного кислорода из расплавленного металла;	Суюқланган металлдан ортиқча кислородни йўқотиш
Раскисленная медь	Медь из которой оксид меди был удален путем введения раскислителя, типа фосфора, в расплавленную ванну.	Ачитқилар таъсирида мисдан , мисс оксидини йўқотилиши
Дефосфоризация	Удаление фосфора из расплавленной стали	Суюқланган металлдан фосфорни йўқотилиши
Деполяризация	Уменьшение поляризации электрода.	Электродни полярлашини камайиши
Высокопрочный чугун	Литейный чугун, обработанный во время плавления элементами типа магния или церия, Типичные составы высокопрочных чугунов 3,0- 4,0 % С, 1,8 - 2,8 % Si, 0,1 - 1,0 % Мп, 0,01 - 0,1 % Р и 0,01 - 0,03 % S. Также известный как гранулированный чугун, чугун с шаровидным графитом.	Қуймакорлик чўяниЮқори мустахам чўянлар таркибида 3,0- 4,0 % С, 1,8 - 2,8 % Si, 0,1 - 1,0 % Мп, 0,01 - 0,1 % Р ва 0,01 - 0,03 % S. Шарсимонграфитли чўян
Пластичность	Способность материала пластически деформироваться без разрушения.	Материалнинг емирилишсиз пластик деформацияланадиган хусусияти
Упругость	Свойство материала, благодаря которому деформация, вызванная напряжением, исчезает после его снятия. Совершенно упругое тело полностью восстанавливает первоначальную форму и размеры после снятия напряжения.	Материалнинг кучланиш таъсирида деформацияланиши ва кучдан озод этганда йўқоладиган хусусияти
Феррит	Твердый раствор одного или более элементов в объемноцентрированной решетке железа. Если иначе не	Темирнинг хажмимарказлашган панжарали бир ва ундан ортиқ

	обозначено (например, как хромистый феррит), растворенный	элементларининг қаттиқ қотишмаси
Ферросплав	Сплав железа, который содержит достаточное количество одного или более других химических элементов,	Бир ва ундан ортиқ кимёвий элементдан ташкил топган темир қотишмаси
Ковка слитка металла	Ковка литого слитка.	Қуйилган қуйма слиткасини болғалаш
Топливные газы	Газы, обычно используемые с кислородом для нагревания типа ацетилена, природного газа, водорода, пропана, метилацетилена и других синтетических топливных углеводородов.	Кислород билан бирга ишлатилинадиган газлар ацетилин, табиий газ, водород, пропан ва бошқа синтетик ёқилғи углеводородлар
Литник	Литник, через который расплавленный металл заливается в литейную форму.	Қолипга суюклантирилган металлни қуйиш воронкаси
Литейная система	В литейной практике включает не только литейную форму, но и литниковую систему.	Қуймакорлик тажрибасида қуйма қолипдан ташқари қуйиш тизими
Серый чугун	Широкий класс железных литейных сплавов (чугунов),. Серый чугун обычно содержит от 2,5 до 4 % С, от 1 до 3 % кремния и добавки марганца, в зависимости от желательной микроструктуры	Қуймакорликда кенг миқёсда ишлатилинадиган чўянларни номи. Кулранг чўян таркибидамикроструктурасига қараб 2,5 то 4 % С, 1 дан то 3 % кремний ва марганец қўшимчалари бўлади.
Заэвтектический сплав	В сплавах, имеющих в своем составе эвтектику, любой сплав, состав которого имеет избыток легирующего элемента по сравнению с составом эвтектики и чья равновесная микроструктура содержит некоторое количество эвтектической структуры.	Легирланган элементлари кўп эвтектоид структурали қотишмалар
Примеси	(1) Элементы или соединения, чье присутствие в материале является нежелательным.	Материалдаги керакмас бўлган нометаллс элементлар
Индукционная печь	Электродпечь переменного тока, в которой первичная обмотка катушки генерирует, путем электромагнитной индукции, вторичный ток, который вырабатывает тепло в металле, заполняющим печь.	Электромагнит индукцияси орқали ишлайдиган Индукцион электродпечи
Индукционный нагрев	Нагрев за счет совместного действия электрического сопротивления и потерь гистерезиса, вызванных при наложении на металл изменяющегося магнитного поля окружающей его катушки переменного тока.	Магнит майдон токи орқали иситадиган электр қаршилиги билан бирга иситиш
Индукционное плавление	Плавление в индукционной печи.	Индукцион печда суюклантириш

Инертный газ	Газ типа гелия, аргона или азота, который является устойчивым, не поддерживает горение и не образует продуктов реакции с другими материалами.	Аргон ёки азот, гелийли инерт газ
Слиток	Слиток простой формы, подходящий для горячей обработки или переплава.	Тайёр куйма қайта суюқлантириш ва ишлов беришга мос
Техническое железо	Слиток технически чистого железа.	Техник тоза темир куймаси
Ион.	Атом или группа атомов, который за счет потери или приобретения одного или более электронов приобрел электрический заряд.	Электрон зарядланган атом
Ионный обмен	Обратимый обмен ионов между жидкостью и твердым телом без заметных структурных изменений в твердом теле.	Қаттиқ жисми структурасини ўзгартирмайдиған ва суюқлик ионлари билан қайтарилиш алмашинуви
Чугунная отливка	Литая деталь, выполненная из чугуна.	Чўяндан куйилган куйма деталь
Изотропия	Состояние, при котором свойства материала одинаковы во всех направлениях.	материалнинг тўзилиши хамма йўналишлардаги бир хил бўлган хусусияти
Дробилка	Машина для первичного разрушения металлических фрагментов, руды или агломератов в крупный порошок.	Агломератни майдалагич машинаси
Ковш	Металлический резервуар, футерованный огнеупорами, используемый для транспортировки и заливки расплавленного металла.	Суюқланган металлни куйиш ковши (идиш)
Ковшевая металлургия	Жараён дегазации для стали, выполняемый в ковше.	Ковшда пўлатни газсизлантириш усули
Ледебурит	Эвтектика системы железо углерод, составными частями которой являются аустенит и цементит. Аустенит распадается на феррит и цементит при охлаждении ниже температуры	Темир-углеродининг паст хараоратдаги эвтетик тўзилиши
Легкий металл	Один из металлов типа алюминия, магния, бериллия или их сплавов.	Енгил металл алюминий, магний ва унинг қотишмалари
Ликвация	Отделение легкоплавкой составляющей сплава от остальных, встречающееся в сплавах, имеющих широкий интервал температур плавания.	Харорати хар хил бўлган металлдан енгил эрийдиган металлнинг ажралиб чиқиши
Ликвидус	Самая низкая температура, при которой металл или сплав находится в жидком состоянии.	Металл ва қотишманинг паст хароратда суюқ холда бўлиши
Магнитный сепаратор	Устройство, используемое для разделения магнитных от менее магнитных или немагнитных	Материални ажратиш аппарати. Магнит конвейерида майдаланган

	материалов. Измельченный материал передается на магнитном конвейере.	материални ўтиши
Ковкость	Характеристика металлов, которая определяет способность металла к пластической деформации при сжатии без разрушения.	Пластик деформацияланадиган металл хусусияти
Ковкий чугун	Чугун, полученный при длительном отжиге белого чугуна, при котором происходят жараёны декарбюризации и графитизации, устраняющие частично или полностью цементит.	Оқ чўяндан ишлов бериб олинадиган болғаланувчан чўян
Мартенсит	Общий термин для микроструктур, сформированных путем бездиффузионных фазовых превращений, в котором исходные и получающиеся фазы имеют определенное кристаллографическое соотношение.	Микроструктурада кристалларнинг фаза ўзгариши
Легированный сплав	Сплав, обогащенный одним или более желательным легирующим элементом, которые добавляются в расплавленный металл для получения необходимой концентрации.	Легирланган элементлар билан бойитилган қотишма
Механические свойства	Свойства материала, которые показывают упругое и неупругое поведение при воздействии силы	Куч таъсир этганда материалнинг эгилиши ва ўз холига қайтиш хусусияти
Точка плавления	Температура, при которой чистый металл, химическое соединение или эвтектика переходит из твердого состояния в жидкость.	Суёқланиш нуқтаси
Скорость плавления	В дуговой электросварке, масса или длина электрода, расплавленного в единицу времени. Иногда называется коэффициентом плавления или коэффициентом сгорания.	Суёқклантириш тезлиги
Конвейерная печь	Непрерывно работающая печь, которая использует ленту транспортера для перемещения садки.	Конвейер печи
Металл	Непрозрачное блестящее элементарное вещество, которое является хорошим проводником тепла и электричества	Ўзидан иссиқлик ва электр токи ўтказувчи ялтироқ элементли модда
Металлургия	Наука о металлах и сплавах. Metallurgy жараёнов имеет отношение к извлечению металлов из их руд и их очистке. Физическая metallurgy работает с физическими и механическими свойствами металлов в соответствии с их соединением, обработкой и условиями внешней	Металлар ва қотишмалар ҳақидаги фан. Физик metallurgy металларнинг физик ва механик хусусиятларини ўрганиб, уларга ишлов беришни ўргатади.

	среды.	
Фаза	Физически однородный и различимый блок материальной системы.	Турли блоклардаги материал тўзилишидаги физик бир хиллик
Фазовое превращение	Переход от одного материального состояния к другому, например от газа к жидкости, от жидкости к твердому телу, от газа к твердому телу или наоборот.	Материалнинг бир тўзилишидан бошқа тўзилишга ўтиши
Фазовая диаграмма	Графическое представление критических температур и пределов содержания фаз в сплаве или керамической системе. Синоним диаграммы состояний.	Қотишмларнинг хароратини график тўзилиши хақидаги диаграммаси
Правило фаз	Максимальное число фаз (P), которое может сосуществовать в равновесии два, плюс число компонент (C) в смеси, минус число степеней свободы (F): $P + F = C + 2$.	Фазаларниг максимал сони
Физическая металлургия	Наука, изучающая свойства металлов и сплавов, а также влияние составов, обработки и окружающей среды на эти свойства.	Металл ва қотишмаларнинг хусусиятларини ўргатадиган фан
Физические свойства	Свойства материала, которые являются относительно независимыми от структуры и могут измеряться без приложения внешних нагрузок; например, плотность, удельная электропроводимость.	Материалнинг структура тўзилишидан қаттиқ назар физик хусусияти
Чушка (Болванка)	Литой металл, используемый для переплава.	Қайта суюқлантириш учун ишлатиладиган қуйилган металл
Графит	Порошковый графит специального качества, используемый для покрытия штампов и в смеси с глиной для изготовления тиглей.	Кукунсимон графит, тигел тайёрлашда ишлатиладиган аралашма
Поликристаллический	Относящийся к твердому телу, состоящему из многих кристаллов или кристаллитов, тесно соединенных вместе.	Қаттиқ жисмга тегишли яримкристалл
Порошковая металлургия (П/М)	Технология получения металлических порошков и их использования для производства плотных материалов и фасонных изделий.	Металл кукунидан олинадиган қолипли ашёлар учун илатилинадиган технология
Металлургический жарён	Наука и технология извлечения металлов из руд и их очистки; иногда упоминается как химическая металлургия. Две главных ветви	Металларни рудадан ажратиб роли шва уларга ишлов бериш фани

Песок	В литье термин обозначает физическую смесь, с размером индивидуальной частицы (зерна) от 0,06 до 2 мм (от 0,002 до 0,08 дюйма) в диаметре, включающую и более мелкие составляющие, типа ила и глины, которые часто имеются в естественных месторождениях песка.	Қум.кварц куми қуймакорликда ишлатилинадиган
Очистка	Влажный или сухой жараён механической очистки. Производится вручную или с помощью суконных полировальных кругов с целью получения сатинированной поверхности.	Механик тозалаш
Скрап, лом	Металлический материал, являющийся браком, который может быть использован для переплава.	Нуқонли қуйлган деталь, қайта суюқлантиришга ишлатиладиган материал
Вторичный сплав	Любой сплав, полученный на основе переработки металлолома.	Металломни қайта ишланган қотишмаси
Вторичный металл	Металл, полученный из металлолома путем переработки и очистки.	Қайта ишланган ва тозаланган металл
Осаждение, отстаивание	Жараён удаления железа из магниевых сплавов в жидком состоянии путем выдержки расплава при низкой температуре после того, как в него добавлен марганец.	Суюқ жараёнда магний қотишмасидан темирни ажратиб олиш
Сито	Нормальное армированное стекло или экран, используемое в градуированных наборах для определения размера отверстий сита или гранулометрического состава зернистого сухого вещества.	Қумни донадорлигини ўлчайдиган элак
Выплавка	Термический жараён получения жидкого металла из обогащенной руды.	Бойитилган рудадан суюқ металлни суюқлантириб олиниш жараёни
Сталь	Сплав на основе железа, после литья ковкий при некоторых интервалах температур; содержит марганец, углерод.	Темир асосли қотишма
Вакуумная печь	Печь использующая низкие атмосферные давления вместо защитной газовой среды.	Вакуум печи
Выпор	Маленькое отверстие в форме для удаления газов.	Газ чиқариш учун кичиқ теўик
Белый чугун	Чугун, который является по существу свободным от графита, и углерод	Таркибида С 4% дан кам бўлган оқ чўян

	присутствует в виде отдельных зерен твердого Fe ₃ C. Белый чугун имеет белую, кристаллическую поверхность излома, проходящего по граням карбида железа. Белые чугуны имеют содержание углерода более 4 %.	
Зонная плавка	Высоко локализованное плавление обычно индукционным нагреванием маленького объема металлического прутка. Перемещая виток индуктора по стержню, расплавленная зона проходит с одного конца на другой.	Металл симдан индукцион қиздириш йўли билан юқори локал суюқлантириш

VII. Список литературы

I. Ўзбекистон Республикаси Президентининг асарлари

1. Каримов И.А. Ўзбекистон мустақилликка эришиш оstonасида. - Т.:“Ўзбекистон”, 2011.
2. Мирзиёев Ш.М. Буюк келажакимизни мард ва олижаноб ҳалқимиз билан бирга қурамыз. – Т.: “Ўзбекистон”. 2017. – 488 б.
3. Мирзиёев Ш.М. Миллий тараққиёт йўлимизни қатъият билан давом эттириб, янги босқичга кўтарамиз – Т.: “Ўзбекистон”. 2017. – 592 б.

II. Норматив-ҳуқуқий ҳужжатлар

4. Ўзбекистон Республикасининг Конституцияси. – Т.: Ўзбекистон, 2019.
5. Ўзбекистон Республикасининг “Таълим тўғрисида”ги Қонуни.
6. Ўзбекистон Республикасининг “Коррупцияга қарши курашиш тўғрисида”ги Қонуни.
7. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2015 йил 12 июндаги “Олий таълим муассасаларининг раҳбар ва педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида” ги ПФ-4732-сонли Фармони.
8. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги 4947-сонли Фармони.
9. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2018 йил 3 февралдаги “Хотин-қизларни қўллаб-қувватлаш ва оила институтини мустаҳкамлаш соҳасидаги фаолиятни тубдан такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-5325-сонли Фармони.
10. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 17 июндаги “2019-2023 йилларда Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университетда талаб юқори бўлган малакали кадрлар тайёрлаш тизимини тубдан такомиллаштириш ва илмий салоҳиятини ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-4358-сонли Қарори.
11. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 11 июлдаги «Олий ва ўрта махсус таълим тизимига бошқарувнинг янги тамойилларини жорий этиш чора-тадбирлари тўғрисида» ги ПҚ-4391- сонли Қарори.
12. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 11 июлдаги «Олий ва ўрта махсус таълим соҳасида бошқарувни ислоҳ қилиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПФ-5763-сон фармони.
13. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 27 августдаги “Олий таълим муассасалари раҳбар ва педагог кадрларининг узлуксиз малакасини

ошириш тизимини жорий этиш тўғрисида”ги ПФ-5789-сонли [фармони](#).

14. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “2019-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини инновацион ривожлантириш стратегиясини тасдиqlаш тўғрисида”ги 2018 йил 21 сентябрдаги ПФ-5544-сонли Фармони.

15. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 27 майдаги “Ўзбекистон Республикасида коррупцияга қарши курашиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-5729-сон Фармони.

16. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 2 февралдаги “Коррупцияга қарши курашиш тўғрисида”ги Ўзбекистон Республикаси Қонунининг қоидаларини амалга ошириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-2752-сонли қарори.

17. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Олий таълим тизимини янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 2017 йил 20 апрелдаги ПҚ-2909-сонли қарори.

18. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Олий маълумотли мутахассислар тайёрлаш сифатини оширишда иқтисодиёт соҳалари ва тармоқларининг иштирокини янада кенгайтириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 2017 йил 27 июлдаги ПҚ-3151-сонли қарори.

19. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Нодавлат таълим хизматлари кўрсатиш фаолиятини янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 2017 йил 15 сентябрдаги ПҚ-3276-сонли қарори.

20. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Олий таълим муассасаларида таълим сифатини ошириш ва уларнинг мамлакатда амалга оширилаётган кенг қамровли ислохотларда фаол иштирокини таъминлаш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги 2018 йил 5 июндаги ПҚ-3775-сонли қарори.

21. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2012 йил 26 сентябрдаги “Олий таълим муассасалари педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва уларнинг малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 278-сонли Қарори.

Основная литература:

1. Rasulov S.A. Quymakorlikda metallami suyuqlantirib olish usullari. - T.: O‘zbekiston, 2005.
2. S.A. Rasulov, N.D. Turaxodjaev, Metallurgiyada quyish texnologiyasi, Toshkent, 2007y.
3. S.A. Rasulov, V.A. Grachev, Quymakorlik metallurgiyasi, Toshkent, 2004y.

4. Печи в металлургическом процессе., Бачонрахов Б.Т и другие М., Маш. 2010
5. Лабораторные работы по технологии литейного производства учебник, под ред. Л.Я. Козлова, М. МиСИС, 2003 г.
6. S.A. Rasulov, V.A. Grachev, Quymakorlik metallurgiyasi, Toshkent, 2004y.
7. Ю.А. Шульте, Производство отливок из стали, Киев-Донецк, изд. Высшая школа, 1993г.
8. В.Г. Восокобойников и другие. Общая металлургия, М., Металлургия, 1998 г.
6. Лабораторные работы по технологии литейного производства учебник, под ред. Л.Я. Козлова, М. МиСИС, 2003 г.
1. <http://www.zivo.net>
2. <http://www.litevnoe-center.com>
3. <http://www.servon.ru>
4. <http://www.metalliisplavi.ru>