

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор ГГТУ им. П.О. Сухого

  
О.Д.Асенчик

(подпись)

06.12.2017

(дата утверждения)

Регистрационный № УД-33-33/уч.

ВНЕПЕЧНАЯ ОБРАБОТКА СПЛАВОВ

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности

1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)»

1-42 01 01-01 «Металлургическое производство и материалобработка (металлургия)»

1-42 01 01-01 02 «Электрометаллургия черных и цветных металлов»

Учебная программа составлена на основе:  
образовательного стандарта ОСВО 1-42 01 01-2013 Высшее образование.  
Первая ступень. Специальность 1-42 01 01 «Металлургическое производство и  
материалобработка (по направлениям)»;

учебных планов учреждения образования «Гомельский государственный  
технический университет имени П.О. Сухого» специальности 1-42 01 01  
«Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)»  
№ I 42-1-16/уч. от 17.09.2013 и № I 42-1-15.1/уч. от 11.02.2016

Составители:

В.А. Жаранов, старший преподаватель кафедры «Металлургия и  
технологии обработки материалов», магистр технических наук.

А.В. Ткаченко, старший преподаватель кафедры «Металлургия и  
технологии обработки материалов» учреждения образования «Гомельский  
государственный технический университет имени П.О. Сухого»

#### **РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

Е.А. Зюзьков, главный металлург ОАО «ГОМЕЛЬСКИЙ ЛИТЕЙНЫЙ  
ЗАВОД «ЦЕНТРОЛИТ»».

Д.Г. Кроль, декан заочного факультета учреждения образования  
«Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»,  
к.ф.-м.н., доцент

#### **РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой «Металлургия и технологии обработки материалов»  
учреждения образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 10 от 26.10.2017 г.)

Научно-методическим Советом механико-технологического факультета  
учреждения образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 9 от 08.11.2017 г.)

Научно-методическим Советом учреждения образования «Гомельский  
государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 2 от 05.12.2017г.)

Регистрационный № МТФ УД 021-18/уч от 08.11.2017 г.

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Курс «Внепечная обработка сплавов» является одной из важных дисциплин при подготовке инженеров металлургического профиля.

Учебная программа «Внепечная обработка сплавов» подготовлена в соответствии со следующими нормативными документами первой ступени высшего образования специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материало- обработка (по направлениям)»: ОСВО 1-42 01 01-2013, утвержденный и введенный в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 30.08.2013 г. № 88; учебных планов: № I 42-1-16/уч. от 17.09.2013 и № I 42-1-15.1/уч. от 11.02.2016.

### Цели и задачи учебной дисциплины

Появление и развитие внепечной обработки расплавов обусловлено повышением требований к качеству металлов и сплавов, необходимостью разработки технологии и производства сплавов принципиально нового качества и ограничением возможности получения их традиционными методами в плавильных агрегатах.

Распространение внепечной обработки объясняется многими положительными моментами:

- упрощение технологии плавки, так как появляется возможность продувки металла кислородом до низких содержаний углерода с последующей корректировкой состава по углероду и другим примесям;

- создание условий для ведения конвертерной плавки с очень малым количеством шлака, с малым расходом добавочных материалов, меньшими потерями железа в шлак и т.д.;

- замена двухшлаковой технологии электроплавки на одношлаковую без скачивания шлака (уменьшается продолжительность плавки, расход электроэнергии, трудовые затраты);

- обеспечение надежной и высокопроизводительной работы машин непрерывной разливки, где требуется точная и стандартная от плавки к плавке регулировка температуры и получение металла стандартно чистого от вредных примесей, прежде всего от серы;

- получение более дешевыми методами и в больших количествах особо чистой стали с малым содержанием примесей;

- изменение структуры и типа потребляемых ферросплавов и раскислителей в сторону снижения требований к составу и соответствующее их удешевление (использование более дешевых марок феррохрома, ферроникеля и т.п.);

- широкое внедрение технологии «прямого легирования» с использованием природно-легированных руд, а также материалов из шлаковых отвалов и различных отходов смежных производств.

Целью дисциплины является изучение физических основ электронгрева и плавления, конструкций и принципов проектирования и рациональной

эксплуатации установок внепечной обработки сплавов для последующего использования в профессиональной деятельности.

Также, целью преподавания данной дисциплины является развитие у студентов инженерно-конструкторского подхода при изучении существующих металлургических агрегатов, оценки их недостатков и путей устранения; обучение студентов навыкам понимать тенденции и направление мирового развития и совершенствования высоких технологий в металлургии.

В процессе изучения дисциплины студенты должны научиться определять основные задачи внепечной обработки стали, разновидности современных методов обработки жидкой стали и чугуна, иметь представление о современном уровне развития и достижениях последних лет в области внепечной обработки.

Требования к освоению учебной дисциплины соответствуют блоку дисциплин специализации в учебном плане.

В результате освоения данной дисциплины студенты приобретают знания, умения и навыки, обеспечивающие достижение целей образовательного стандарта 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка». Дисциплина нацелена на подготовку выпускников к производственной деятельности в области разработки технологических процессов и агрегатов внепечной обработки и ковшовой обработки жидких металлов и сплавов.

Задачи дисциплины заключаются в формировании у студентов знаний и навыков:

- по основным методам расчета технологических процессов внепечной обработки сплавов;
- по методам расчета материальных балансов физико-химических процессов раскисления, легирования и дусульфурации при внепечной обработке;
- по расчету мощности трансформаторов и вакуумных систем при проектировании современных установок, агрегатов и систем;
- по расчетам технологических особенностей вакуумной обработки металлов и сплавов;
- по расчету размеров вакуумных камер.

Место учебной дисциплины в получении знаний по данной специальности соответствует изучению вакуумной обработки сплавов в металлургии. Изучение дисциплины базируется на знаниях, полученных по дисциплинам: математика, физика, технология материалов, материаловедение, инженерная графика, прикладная механика, теория металлургического производства, общая металлургия.

Для достижения поставленных целей преподавания дисциплины реализуются следующие средства, способы и организационные мероприятия:

- изучение теоретического материала дисциплины на лекциях с использованием компьютерных технологий;

- самостоятельное изучение теоретического материала дисциплины с использованием Internet-ресурсов, информационных баз, методических разработок, специальной учебной и научной литературы;
- закрепление теоретического материала при проведении практических работ с использованием учебного и научного оборудования и приборов, выполнения проблемно-ориентированных, поисковых, творческих заданий;
- использование компьютерной техники для расчета и обоснования выбора режимов разливки металлов.

При освоении дисциплины используются следующие сочетания видов учебной работы с методами и формами активизации познавательной деятельности для достижения запланированных результатов обучения и формирования компетенций.

Методы и формы активизации деятельности	Виды учебной деятельности		
	ЛК	ПР	СРС
Дискуссия	х	х	
IT-методы	х	х	х
Командная работа		х	х
Опережающая СРС	х	х	х
Индивидуальное обучение		х	х
Проблемное обучение		х	х
Обучение на основе опыта		х	х

Рекомендуемые формы обучения студентов: чтение лекционного материала с постоянным контактом с аудиторией студентов; наполнение преподаваемого материала дополнительными поясняющими комментариями и примерами; использование мультимедийных средств обучения.

Рекомендации по организации самостоятельной работы студентов: предварительное изучение материалов перед лекционными и практическими занятиями; плановая подготовка к экзамену посредством усвоения основных положений экзаменационных тем с последующим наполнением усвоенных основных положений дополнительной информацией.

Требования к знаниям и умениям студентов после изучения дисциплины

В результате изучения дисциплины студенты должны:

*Знать:*

- теорию и технологию различных способов внепечной обработки металлов;
- современные естественнонаучные и прикладные задачи внепечной обработки, методы и средства их решения в научно-исследовательской,

проектно-конструкторской, производственно-технологической и других видах профессиональной деятельности;

- технологии и средства обработки информации и оценки результатов применительно к решению профессиональных задач;
- основные источники научно-технической информации по материалам, используемым в ковшевой металлургии, конструкциям и эксплуатации агрегатов;
- материалы, применяемые при внепечной обработке, их классификацию и маркировку;
- методики расчета и проектирования установок внепечной обработки различных классов.

*Уметь:*

- находить нестандартные решения профессиональных задач, применять современные методы и средства исследования, проектирования, технологической подготовки производства и эксплуатации электроэнергетических и электротехнических объектов металлургического производства;
- эксплуатировать, проводить испытания и ремонт соответствующего технологического оборудования;
- анализировать технологические, эксплуатационные и экологические требования к агрегатам внепечной обработки;
- использовать прикладные программные средства для моделирования процессов и расчета аппаратов внепечной обработки сплавов;
- осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые материалы.

- 

*Владеть:*

- современными измерительными и компьютерными системами и технологиями, навыками оформления, представления и защиты результатов решения профессиональных задач;
- навыками расчета тепловых и технологических режимов внепечной обработки сплавов;
- информацией о технических параметрах установок вакуумирования для использования их в профессиональной деятельности.

По завершению освоения данной дисциплины студент способен и готов.

- проявлять инициативу, в том числе в ситуациях риска, брать на себя всю полноту ответственности за свои решения в рамках профессиональной компетенции, способностью разрешать проблемные ситуации;
- использовать углубленные теоретические и практические знания, которые находятся на передовом рубеже науки и техники в области профессиональной деятельности;

- находить творческие решения профессиональных задач, принимать нестандартные решения;
- вскрывать естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности;
- применять современные методы исследования, проводить технические испытания и (или) научные эксперименты, оценивать результаты выполненной работы;
- профессионально эксплуатировать современное оборудование;
- формулировать технические задания, разрабатывать и использовать средства автоматизации при проектировании и технологической подготовке производства;
- применять методы анализа вариантов, разработки и поиска компромиссных решений;
- применять основы инженерного проектирования технических объектов;
- применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности;
- принимать решения с учетом энерго- и ресурсосбережения;
- внедрять достижения отечественной и зарубежной науки и техники;
- осуществлять технико-экономическое обоснование инновационных проектов и управление ими;
- проводить экспертизу проектно-конструкторских и технологических решений.

Требования к академическим компетенциям специалиста

Специалист должен:

- АК 1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.
- АК-3. Владеть исследовательскими навыками.
- АК-4. Уметь работать самостоятельно.
- АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).
- АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

Требования к социально-личностным компетенциям специалиста

Специалист должен:

- СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию;
- СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям;
- СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике;
- СЛК-6. Уметь работать в команде.

Требования к профессиональным компетенциям специалиста

Специалист должен быть способен:

в производственно-технологической деятельности:

- ПК 3. Выбирать плавильные агрегаты и нагревательные печи, разрабатывать технологические процессы плавки и термической обработки, обеспечивающие высокое качество отливок и заготовок;
- ПК 4. Владеть вопросами металлургической переработки лома и отходов производства;
- ПК 7. Выбирать способы модифицирования сплавов черных и цветных металлов для получения требуемой макро- и микроструктуры сплавов;
- ПК 8. Обосновывать технологические параметры процесса рафинирования в зависимости от предъявляемых требований к отливкам и литым заготовкам;
- ПК 9. Разрабатывать мероприятия по снижению потребления материалов и энергоресурсов при производстве отливок;
- ПК 17. Осуществлять оперативный контроль за функционированием основного технологического оборудования и режимами его работы;
- ПК 18. Разрабатывать технологическую документацию, принимать участие в создании стандартов и нормативов, в составе группы специалистов;
- ПК 19. Обосновывать способы контроля химического состава сплава и оценивать качество расплава по твердым и газообразным неметаллическим включениям;
- ПК 21. Анализировать и оценивать тенденции развития техники и технологий.

В проектно-конструкторской и научно-исследовательской деятельности:

- ПК 27. Составлять техническое задание на проектируемое технологическое оборудование или разрабатываемый технологический процесс с учетом результатов научно-исследовательских работ, планировать и проводить исследования по повышению качества сплавов черных и цветных металлов;
- ПК 28. Работать с научной литературой, словарями, справочными материалами, рационально использовать справочную литературу по выбору материалов, технологий их обработки, обеспечивающей необходимые показатели свойств;
- ПК 30. Проводить сравнительный анализ технологических процессов плавки, заливки, изготовления форм и стержней, нагрева заготовок, термической обработки;

В организационно-управленческой деятельности:

- ПК 35. Взаимодействовать со специалистами смежных профилей, анализировать и оценивать собранные данные;
- ПК 37. Готовить доклады, материалы к презентациям и представлять их на них;
- ПК 38. Пользоваться глобальными информационными ресурсами;



– ПК 40. Понимать сущность и социальную значимость своей профессии, основные проблемы в конкретной области своей деятельности;

– ПК 41. Налаживать контроль основных параметров технологических процессов плавки и разливки сплавов черных и цветных металлов;

В инновационной деятельности:

– ПК 42. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективам развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям;

– ПК 43. Определять цели инноваций и способы их достижения;

– ПК 44. Работать с научной, технической и патентной литературой.

Общее количество часов и распределение аудиторного времени по видам занятий

Форма получения высшего образования дневная.

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины «Внепечная обработка сплавов», в соответствии с учебным планом по специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» составляет – 202 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 5 зачетных единиц.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам:

			Итого
Курс	3	4	3, 4
Семестр	6	7	6, 7
Лекции (часов)	17	32	49
Лабораторные занятия (часов)	–	–	–
Практические занятия (часов)	17	16	33
Всего аудиторных часов	34	48	82

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине:

Зачет, семестр	6	–	6
Экзамен, семестр	–	7	7

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Основы внепечной обработки сплавов в современных металлургических процессах.

Тема 1.1. Цели и задачи внепечной обработки стали.

Пути и способы. Основные методы. Сравнительная характеристика основных способов обработки стали, преимущества и недостатки. Основные цели внепечной обработки и оборудование (аппараты) для их осуществления. Процессы внепечной обработки стали (ВОС). Нагрев металла в печи-ковше. Методы раскисления и легирования металла. Обработка металла инертными газами и электромагнитное перемешивание (ЭМП) Обработка металла вакуумом. Способы десульфурации стали. Ковшовые огнеупоры для ВОС. Способы нагрева металла. Методы нагрева металла - электродуговой и химический. Устройство печи-ковша (ПК) с электродуговым нагревом переменным и постоянным током, недостатки и преимущества.

Тема 1.2. Раскисление и легирование при ВОС.

Способы раскисления и легирования стали – инъекционный и с введением проволоки с порошкообразным наполнителем, особенности обоих методов. Конструкция устройств для инъекционного введения легирующих и агрегат (трайб-аппарат) для ввода порошкообразных материалов. Механизм удаления растворенных газов из расплавленной стали. Дегазация металла при образовании пузырей. Дегазация порций металла. Выделение оксидных включений. Раскисление углеродом под вакуумом. Влияние межфазного натяжения на рост и удаление включений. Форма включений глинозема. Влияние перемешивания металла на удаление оксидных частичек. Расчет процессов коагуляции и удаления из расплава первичных продуктов раскисления расплавленной стали. Математическая модель коагуляции и удаления включений из металла во время вакуумной обработки. Раскисление комплексными сплавами. Комбинация кремния, марганца и алюминия. Щелочноземельные металлы. Редкоземельные металлы.

Тема 1.3. Технология продувки стали инертными газами.

Способы продувки стали инертными газами. Основные достоинства. Основные особенности гидродинамики процессов продувки расплавов инертными газами. Оборудование для продувки стали инертными газами. Технология изготовления пористых огнеупорных вставок. Расчет снижения температуры жидкой стали при выдержке в ковше. Применяемое оборудование. Эффективность процесса.

Раздел 2. Процессы вакуумирования стали.

Тема 2.1. Вакуумирование стали.

Определение вакуума. Характеристики, пути получения. Вакуумные насосы. Основные параметры. Механические вакуумные насосы. Вакуумирование стали в струе. Порционное вакуумирование. Циркуляционное вакуумирование. Теория вакуумно-кислородного рафинирования стали. Использование вакуума для получения низкоуглеродистых сталей и сплавов. Структура слитков отлитых в вакууме. Определение вакуума. Характеристики,

пути получения. Вакуумные насосы. Основные параметры. Механические вакуумные насосы. Характеристики и принцип действия. Пароструйные насосы. Разновидности. Принцип действия. Тепловой расчет многослойной футеровки сталеразливочных ковшей. Структура слитков отлитых в вакууме.

Тема 2.2. Аргонокислородное рафинирование стали.

Перемешивание металла. Способы интенсификации процессов перемешивания расплава за счет вдувания инертных газов (азот аргон) или ЭМП металла, особенности конструкций подачи инертных газов через фурму или огнеупорные блоки в днище ковша, недостатки и преимущества. Особенности использования метода ЭМП. Гидродинамика ванны при продувке стали аргонном. Влияние продувки на качество стали. Методы вакуумной обработки стали, основы теории вакуумирования, варианты реализации – струйное вакуумирование, методы DH, RH, VD, RH-OB.

Тема 2.3. Вакуум-кислородное рафинирование стали.

Конструктивные особенности реализации. Предотвращение вторичного окисления стали при разливке. Влияние футеровки сталеразливочного ковша на эффективность десульфурации. Производство стали с ультранизким содержанием углерода.

Раздел 3. Комбинированные и комплексные способы обработки сплавов.

Тема 3.1. Обработка стали синтетическими шлаками. Неметаллические включения в стали. Основные характеристики. Методы борьбы. Теория обработки стали синтетическими шлаками. Технологическая схема обработки стали синтетическими шлаками. Комбинированные методы обработки стали синтетическими шлаками. Метод смешения. Свойства сталей рафинированных синтетическими шлаками. Способы получения известково-глиноземистого шлака. Твердые шлаковые смеси. Состав. Способ получения. Десульфурация стали синтетическим шлаком и твердо-шлаковыми смесями (ТШС). Способ выплавки СШ, химический состав, обработка стали. Подготовка ТШС. Особенности использования СШ и ТШС. Способы ввода ТШС – под струю металла, вдувание с инертными газами.

Тема 3.2. Комбинированные способы ВОС.

Внепечная обработка стали на МНРС. Внепечная обработка стали и проблемы экологии. Современные тенденции развития внепечной металлургии чугуна. Анализ состояния и перспективы внепечной обработки чугуновых расплавов. Теоретическое обоснование процессов внепечного рафинирования чугуна. Особенности поведения некоторых элементов при выплавке чугуна. Физико-химические основы внепечного рафинирования чугуна. Оценка условий десульфурации чугуна и стали. Внепечная десульфурация чугуна натрий- и кальцийсодержащими материалами. Технологический процесс десульфурации чугуна содой. Десульфурация чугуна присадкой кальцийсодержащих материалов. Десульфурация чугуна карбидом кальция. Инжекция порошкообразной извести. Особенности десульфурации чугуна кальцием. Комплексное внепечное рафинирование чугуна. Процессы десиликонизации чугуна. Процессы внепечной дефосфорации чугуна.

Комплексная технология десульфурации и дефосфорации чугуна. Процессы комплексного рафинирования чугуна.

Тема 3.3. Теоретические и технологические основы десульфурации чугуна магнием.

Физико-химические и термодинамические свойства магния. Физические свойства магния. Термодинамические свойства магния. Раскисляющее действие магния в чугуне. Растворимость магния в чугуне. Оценка эффективности использования магния в расплаве. О механизме десульфурации чугуна магнием. Представления о механизме десульфурации чугуна магнием. Оценка механизма десульфурации при обработке чугуна порошковой проволокой с гранулированным магнием. Влияние химического состава чугуна и его температуры на результаты десульфурации. Особенности гидродинамики процесса. Мощность перемешивания чугуна в ковше и ее влияние на процесс десульфурации. Способы ввода магния в жидкий чугун. Возможность использования прямого восстановления магния из оксида.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
(Дневная форма получения образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов УСР*	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Основы внепечной обработки сплавов в современных металлургических процессах.						
1.1	Цели и задачи внепечной обработки стали.	4	2				устный опрос, тестирование, зачёт
1.2	Раскисление и легирование при ВОС.	6	4				устный опрос, тестирование, зачёт
1.3	Технология продувки стали инертными газами.	7	6				устный опрос, тестирование, зачёт
2	Процессы вакуумирования стали.						
2.1	Вакуумирование стали.	2	2				устный опрос, тестирование, экзамен
2.2	Аргонокислородное рафинирование стали.	6	4				устный опрос, тестирование, экзамен
2.3	Вакуум-кислородное рафинирование стали.	6	4				устный опрос, тестирование, экзамен
3	Комбинированные и комплексные способы обработки сплавов.						
3.1	Обработка стали синтетическими шлаками.	5	4				устный опрос, тестирование, экзамен
3.2	Комбинированные способы ВОС.	7	4				устный опрос, тестирование, экзамен
3.3	Теоретические и технологические основы десульфурации чугуна магнием.	6	3				устный опрос, тестирование, экзамен

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## Основная литература

1. Воскобойников, В. Г. Общая металлургия : учеб. для вузов / В. Г. Воскобойников, В. А. Кудрин, А. М. Якушев. - 5-е изд., перераб. и доп.. - Москва : Металлургия, 2000. - 768 с.
2. Воскобойников, В. Г. Общая металлургия : учебник для вузов / В. Г. Воскобойников, В. А. Кудрин, А. М. Якушев. - 5-е изд., перераб. и доп.. - Москва : Металлургия, 1998. - 768 с.
3. Линчевский Б. В. Техника металлургического эксперимента : учебное пособие для вузов. - 3-е изд., перераб. и доп.. - Москва : Металлургия, 1992. - 240с.
4. Егоров, А. В. Расчет мощности и параметров электроплавильных печей : учеб. пособие для вузов / А. В. Егоров. - Москва : МИСИС, 2000. - 272с.

## Дополнительная литература

5. Включения и газы в сталях / В. И. Явойский [и др.]. - Москва : Металлургия, 1979. - 272 с.
6. Внепечная обработка - эффективный путь повышения качества металла : сб. науч.-техн. ст. из журн. "Сталь" / сост. В. А. Кудрин. - Москва : Металлургия, 1987. - 113 с.
7. Воскобойников, В. Г. Общая металлургия : учеб. для вузов / В. Г. Воскобойников, В. А. Кудрин, А. М. Якушев. - Изд. 6-е перераб. и доп.. - Москва : Академкнига, 2005. - 768 с.
8. Глинков , Г. М. Контроль и автоматизация металлургических процессов : учебник для вузов / Г. М. Глинков, А. И. Косырев, Е. К. Шевцов ; под науч. ред. Г. М. Глинкова. - Москва : Металлургия, 1989. – 351 с.
9. Еланский Г.Н. Строение и свойства металлических расплавов : Учеб.пособие для студ.металлург.спец.вузов. - М. : Металлургия, 1991. - 160с.
10. Кньюппель Г. Раскисление и вакуумная обработка стали : Основы и технология кавшовой металлургии / пер. с нем. Г. Н. Еланского. - Москва : Металлургия, 1984. - 414с.
11. Конструкции и проектирование агрегатов сталеплавильного производства : учеб. для вузов / В. П. Григорьев [и др.]. - Москва : МИСИС, 1995. - 512с.
12. Лапшин И. В. Автоматизация дуговых печей. - Москва : МГУ, 2004. - 166с.
13. Линчевский , Б. В. Вакуумная индукционная плавка / Б. В. Линчевский. - Москва : Металлургия, 1975. - 240 с
14. Леви , Л. И. Основы теории металлургических процессов и технология плавки литейных сплавов : учебник / Л. И. Леви, Л. М. Мариенбах. - Москва : Машиностроение, 1970. - 496с.
15. Огнеупоры для вакуумных металлургических агрегатов / А. К.

Карклит [и др.]. - Москва : Metallurgy, 1982. - 144с.

16. Огнеупорные изделия, материалы и сырье : Справочник / под ред. А. К. Карклита. - 4-е изд.. - Москва : Metallurgy, 1991. - 416с.

17. Ойкс Г. Н. Производство стали : основы теории и технология. - Москва : Metallurgy, 1974. - 440с.

18. Поволоцкий Д. Я. Электрометаллургия стали и ферросплавов : учеб. для вузов. - 3-е изд., перераб. и доп.. - Москва : Metallurgy, 1995. - 592с.

19. Поволоцкий, В. Я. Раскисление стали / Д. Я. Поволоцкий. - Москва : Metallurgy, 1972. - 208 с УДК 669.046.54 ББК 34

20. Трахимович, В. И. Использование железа прямого восстановления при выплавке стали / В. И. Трахимович, А. Г. Шалимов. - Москва : Metallurgy, 1982. - 246 с.

21. Фромм, Е. Газы и углерод в металлах / Е. Фромм, Е. Гебхардт ; пер. с нем. В. Т. Бурцева; под ред. Б. В. Линчевского. - Москва : Metallurgy, 1980. - 712 с.

22. Явойский В. И. Неметаллические включения и свойства стали. - Москва : Metallurgy, 1980. - 175с.

#### Электронные учебно-методические комплексы

23. Жаранов, В. А. Теория металлургических процессов : электронный учебно-методический комплекс дисциплины / В. А. Жаранов. - Гомель : ГГТУ, 2010. - 1 папка + 1 электрон. опт. диск (№ метод. ук.: ЭУМКД56). Режим доступа <https://elib.gstu.by>.

Перечень компьютерных программ, наглядных и других пособий, методических указаний и материалов и технических средств обучения

24. Внепечная обработка сплавов [Электронный ресурс] : практикум по одноименному курсу для студентов специальности 1-42 01 01 "Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)" специализации 1-42 01 01-01 "Металлургическое производство и материалобработка (металлургия)" направления 1-42 01 01-01 02 "Электрометаллургия черных и цветных металлов" дневной и заочной форм обучения / В. А. Жаранов ; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого", Кафедра "Металлургия и литейное производство". - Гомель : ГГТУ, 2014. - 109 с. (№ метод. ук.: 456). Режим доступа <https://elib.gstu.by>.

25. Набор плакатов – технологии внепечной обработки сталей.

26. Программа Циркуляционный вакууматор (расчет процессов циркуляционного вакуумирования)

Список литературы заверен *А.И. Шалимов (С.В.)*

### Примерный перечень тем практических занятий

1. Влияние внепечной обработки на качество продукции металлургических заводов
2. Расчеты процессов раскисления
3. Основные особенности гидродинамики процессов продувки расплавов инертными газами.
4. Расчеты технологических процессов вакуумирования
5. Технология аргонно-кислородного рафинирования. Расчеты.
6. Вакуум-кислородное рафинирование стали. Методика расчета оборудования
7. Расчет режимов продувки металлов
8. Расчеты оборудования для обработки синтетическими шлаками.
9. Выбор оптимальных технологий внепечной обработки чугуна
10. Расчеты процессов десульфурации

### Вопросы для самостоятельной работы студентов

1. Цели и задачи внепечной обработки стали. Пути и способы. Основные методы
2. Сравнительная характеристика основных способов обработки стали, преимущества и недостатки.
3. Газы в стали. Теоретические основы вакуумной обработки стали.
4. Способы вакуумной обработки стали. Сравнительные характеристики. Вакуумирование стали в струе.
5. Порционное вакуумирование. Циркуляционное вакуумирование.
6. Теория вакуумно-кислородного рафинирования стали. Использование вакуума для получения низкоуглеродистых сталей и сплавов .
7. Структура слитков отлитых в вакууме.
8. Определение вакуума. Характеристики, пути получения. Вакуумные насосы. Основные параметры. Механические вакуумные насосы. Характеристики и принцип действия. Пароструйные насосы. Разновидности. Принцип действия .
9. Неметаллические включения в стали. Основные характеристики. Методы борьбы.
10. Теория обработки стали синтетическими шлаками. Технологическая схема обработки стали синтетическими шлаками.
11. Комбинированные методы обработки стали синтетическими шлаками. Метод смещения. Свойства сталей рафинированных синтетическими шлаками.
12. Способы получения известково-глиноземистого шлака. Твердые шлаковые смеси. Состав. Способ получения.
13. Способы продувки стали инертными газами. Основные достоинства.
14. Оборудование для продувки стали инертными газами. Технология изготовления пористых огнеупорных вставок. Материалы.



15. Обработка стали вдуванием порошкообразных материалов в ковш. Установки для вдувания порошков. Основные узлы.
16. Термодинамика взаимодействия вдуваемой частицы с металлом.
17. Десульфурация стали вдуванием порошкообразных материалов в ковш. Десульфурация чугуна магнием. Закономерности.
18. Комбинированные методы внепечной обработки стали в ковше. Технологические приемы. Варианты и способы.
19. Особенности футеровки ковшей для комбинированных способов обработки стали.
20. Влияние печного шлака на проведение внепечной обработки стали. Методы отделения шлака от металла.

#### Перечни используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

- обсуждение вопросов на практических занятиях;
- групповая дискуссия;
- индивидуальные задания;
- тестирование;
- подготовка устной презентации;
- подготовка электронного отчета;
- устный зачет с предварительной подготовкой студентами содержания ответа;
- экзамен.

Также средствами диагностики могут выступать устные и письменные опросы, задания практической направленности, в частности, связанные с научно-исследовательской работой студентов, включая выступления с докладами на конференциях.

#### Характеристика инновационных подходов к преподаванию учебной дисциплины

С целью активизации познавательной деятельности студентов следует широко использовать проблемные и креативные методы, способствующие более качественному и полному пониманию и усвоению учебного материала. Теоретические лекционные занятия необходимо чередовать с практическими работами.

При изложении материала необходимо соблюдать единство терминологий и обозначений в соответствии с действующими стандартами.

Учебно-методическое обеспечение дисциплины, должно быть ориентировано на освоение студентами основ инновационных технологий, развитие навыков анализа и самостоятельности в принятии инженерных решений в будущей инженерной деятельности, умение работать с научной и технической литературой.

При изучении дисциплины также рекомендуется использовать такую форму управляемой самостоятельной работы, как решение индивидуальных задач в аудитории, написание рефератов по отдельным темам, выходящим за рамки лекционного курса.

Рекомендуется не все вопросы программы выносить на лекции. В целях развития у студентов навыков работы с учебной и научной литературой можно предложить им часть разделов описательного характера изучить самостоятельно по литературе, указанной в программе. Вопросы для самостоятельного изучения рекомендуется включать в перечень вопросов к зачёту.

Для организации управляемой самостоятельной работы студентов необходимо использовать современные информационные технологии: информационные ресурсы учебного портала и электронной библиотеки университета.

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- подготовка по индивидуальным заданиям;
- подготовка докладов и сообщений по индивидуальным темам.

#### Диагностика компетенций студента

Для оценки достижений студента используется следующий диагностический инструментарий:

- проведение текущих контрольных опросов на лекционных занятиях;
- сдача зачёта по дисциплине;
- выступление студентов на научно-технических конференциях по подготовленным материалам.
- Эффективность самостоятельной работы студентов целесообразно проверять в ходе текущего (рубежного) и итогового контроля знаний в форме устного опроса, коллоквиумов, тестового контроля по темам и разделам курса (модулям).

#### Требования к обучающемуся при прохождении текущей аттестации


Обучающиеся допускаются к сдаче экзамена по учебной дисциплине при условии выполнения всех видов работ, предусмотренных настоящей учебной программой.

При прохождении текущей аттестации обучающимся запрещается пользоваться учебными изданиями, записями, конспектами, мобильными телефонами и другими средствами хранения и передачи информации.

#### Критерии оценок результатов учебной деятельности

При оценке знаний студентов в баллах по десятибалльной шкале применяется критерий оценки результатов деятельности обучающихся в учреждениях высшего образования по десятибалльной шкале (письмо Министерства образования Республики Беларусь от 28.05.2013г. № 09-10/53-ПО).

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Теория и технология электроплавки стали и ферросплавов	Металлургия и технологии обработки материалов	Нет  Ю.Л. Бобарикин	