

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра энергоресурсосберегающих процессов
в химической и нефтегазовой технологиях

Составитель
Е. Ю. Старикова

КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Методические указания к самостоятельной работе

Рекомендовано учебно-методической комиссией направления
подготовки 18.03.01 Химическая технология
в качестве электронного издания
для самостоятельной работы для заочного обучения

Кемерово 2019

Рецензенты:

Михайлов Г. С. – доцент кафедры энергоресурсосберегающих процессов в химической и нефтегазовой технологиях

Пучков С. В. – доцент, председатель учебно-методической комиссии направления 18.03.01 Химическая технология

Старикова Елена Юрьевна

Конструкционные материалы в химической технологии [Электронный ресурс]: методические указания к самостоятельной работе для обучающихся направления подготовки 18.03.01 Химическая технология заочной формы обучения / сост. Е. Ю. Старикова; КузГТУ. – Электрон. дан. – Кемерово, 2019. – Систем. требования: Pentium III; ОЗУ 8 Мб; Windows 98; мышь. – Загл. с экрана

Составлены с целью оказания методической помощи студентам при изучении дисциплины «Конструкционные материалы в химической технологии». Содержат теоретические основы дисциплины, контрольное задание, вопросы текущего контроля и зачета. Приведен список литературы.

© КузГТУ, 2019

© Старикова Е. Ю.,
составление, 2019

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

«Конструкционные материалы в химической технологии» – специальный курс в подготовке инженера-бакалавра химической технологии, нефтехимии и биотехнологии. Его основная задача – научить студента грамотно и обоснованно производить выбор конструкционного материала или способа защиты конструкции, исходя из конкретных условий эксплуатации и агрессивности обрабатываемой среды.

Целями освоения дисциплины являются усвоение студентами знаний об основных материалах, применяемых в химической технологии, о способах их защиты от коррозионных разрушений, о технологии получения этих материалов.

В курсе излагаются теоретические и практические аспекты поведения конструкционных материалов в разнообразных условиях работы оборудования промышленных предприятий. Основу составляет изучение физического, химического и электрохимического взаимодействия материалов с жидкими и газообразными средами.

Задачами курса являются ознакомление студентов с основными материалами, используемыми в химической технологии, приобретения знаний о технологии получения этих материалов, овладение техникой лабораторных испытаний, изучение поведения конструкционных материалов в коррозионных средах.

На изучение курса отводится 6 часов установочных лекций и 10 часов лабораторных занятий. При самостоятельной работе рекомендуется использовать учебники и учебные пособия, указанные в разделе 5. С целью закрепления и контроля знаний студент-заочник выполняет одну провеочную работу и сдает зачет в седьмом семестре.

2. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА, МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Тема 1. Введение

Содержание курса, его цели и задачи. Конструкционные материалы, их роль в химической технологии. Классификация конструкционных материалов. Общие принципы выбора материалов.

Методические указания

Современное развитие химической промышленности и высокотемпературной техники, возникновение новых технологических процессов, протекающих в весьма жестких агрессивных условиях, интенсификация старых производств предъявляют к конструкционным материалам весьма серьезные требования к надежности и стойкости и к совершенствованию методов их защиты.

Основная цель курса – формирование у студентов системы знаний по обоснованию и реализации ресурсосберегающих решений при выборе конструкционных материалов и защите их от агрессивных воздействий.

Контрольные вопросы

1. Конструкционные материалы, их роль в химической технологии.
2. Приведите классификацию конструкционных материалов.
3. Основные требования к конструкционным материалам.
4. Каковы общие принципы выбора материалов?

Литература: [1; 2; 8].

Тема 2. Основные свойства материалов

Основные свойства материалов: физико-химические, механические, технологические, потребительские. Методы исследований и испытаний материалов: разрушающие и неразрушающие.

Методические указания

Физико-химические свойства определяют поведение материалов в тепловых, гравитационных, электромагнитных и радиационных полях. Механические свойства – основа для выбора материалов для создания надежной и работоспособной техники. Технологические свойства весьма важны и могут быть решающими при выборе материала для изготовления высококачественных изделий в производственных условиях. Потребительские свойства – определяют возможность их использования при максимальной работоспособности в условиях эксплуатации или потребления.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные свойства материалов?
2. Дайте характеристику физико-химических, механических, технологических и потребительских свойств материалов.
3. Перечислите методы исследований и испытаний материалов: разрушающие и неразрушающие.

Литература: [1; 3; 7].

Тема 3. Железо и его сплавы

Железо и его сплавы. Диаграмма состояния системы железо – углерод.

Методические указания

Железо с углеродом образует ряд химических соединений: Fe_3C , Fe_2C и др. Диаграмму состояния железо-углерод обычно изображают для соединения Fe_3C – цементита, содержащего 6,67 % С.

Углерод образует с железом твердые растворы внедрения. Растворимость углерода в железе зависит от его кристаллической формы.

В процессе перестройки одной решетки в другую, а также при расплавлении и затвердевании железа происходят температурные остановки.

Температурные остановки, при которых происходят перестройки решеток, называются критическими температурами или критическими точками. При нагревании и охлаждении стали происходит также перестройка атомной решетки, но температуры критических точек не постоянны. Они зависят от содержания углерода и легирующих примесей в стали, а также от скорости нагревания и охлаждения.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение фаз в системе Fe- Fe_3C .
2. Что такое феррит и аустенит?
3. Опишите структуру технического железа, доэвтектоидной, эвтектоидной, заэвтектоидной сталей.

Литература: [1; 2].

Тема 4. Углеродистые стали

Углеродистые стали, их классификация. Чугуны.

Методические указания

Сплавы железа с углеродом, содержащие до 2,14 % С при малом содержании других элементов, называются углеродистыми сталями. Обладают высокой пластичностью, особенно при нагреве, и хорошо деформируются.

Углерод является важнейшим элементом, определяющим структуру и свойства углеродистой стали. Даже малое изменение содержания углерода оказывает заметное влияние на свойства стали. С увеличением углерода в структуре стали растет содержание цементита. Поэтому с ростом содержания углерода увеличиваются твердость и прочность и уменьшаются вязкость и пластичность стали. Углерод является важнейшим элементом, определяющим структуру и свойства углеродистой стали. Даже малое изменение содержания углерода оказывает заметное влияние на свойства стали. С увеличением углерода в структуре стали растет содержание цементита. Поэтому с ростом содержания углерода увеличиваются твердость и прочность и уменьшаются вязкость и пластичность стали.

Углеродистые стали классифицируют по структуре, способу производства и раскисления, по качеству.

Сплавы железа с углеродом, содержащие более 2,14% С, называются чугунами. В отличие от стали чугуны имеют более высокое содержание углерода, заканчивают кристаллизацию образованием эвтектики, обладают низкой способностью к пластической деформации и высокими литейными свойствами. Стоимость чугунов ниже стоимости стали.

Контрольные вопросы

1. Как определяют содержание углерода в сталях по микроструктуре.
2. Как влияет углерод и постоянные примеси на свойства сталей.
3. Как классифицируют стали по содержанию углерода.
4. Как классифицируют стали по структуре.
5. Как классифицируют стали по способу раскисления.
6. Приведите классификацию чугунов в зависимости от формы выделения углерода.
7. Что называется графитизацией чугуна?

Литература: [1; 2].

Тема 5. Легированные стали

Легированные стали, их классификация и маркировка по российским и международным стандартам.

Методические указания

Леггирующими элементами называют элементы, специально вводимые в сталь для изменения ее строения и свойств. Если содержание кремния превышает 0,4% или марганца – 0,8%, то они также относятся к леггирующим элементам.

Все леггирующие элементы можно разделить на две группы: расширяющие область γ -твердых растворов – аустенитообразующие леггирующие элементы и сужающие γ -область (расширяющие область α -твердых растворов) – ферритообразующие леггирующие элементы. По структуре после охлаждения на воздухе различают: *перлитные* стали, характеризующиеся низким содержанием леггирующих элементов и соответственно невысокой устойчивостью переохлажденного аустенита; мартенситные стали со средним содержанием леггирующих элементов и, соответственно, высокой устойчивостью аустенита и *аустенитные* стали, содержащие большое количество леггирующих элементов и сохраняющие аустенитную структуру при комнатной температуре.

Контрольные вопросы

1. Приведите классификацию легированных сталей по количеству леггирующих элементов.
2. Маркировка легированных сталей по российским стандартам
3. Назовите и поясните преимущества и недостатки хромистых сталей.
4. Объясните причины межкристаллитного разрушения высоколегированных сплавов и способы его снижения.
5. Каковы основные коррозионные свойства хромоникелевых сталей типа 8-18.

Литература: [1; 2, 3].

Тема 6. Термическая обработка стали

Термическая обработка стали, классификация видов термической обработки. Отжиг, закалка и отпуск стали. Поверхностная закалка. Химико-термическая обработка стали.

Методические указания

Термической обработкой называется технологический процесс, состоящий из совокупности операций нагрева, выдержки и охлаждения изделий из металлов и сплавов, целью которого является изменение их структуры и свойств в заданном направлении.

Термическая обработка является одним из наиболее распространенных в современной технике способов получения заданных свойств металлов и сплавов. Термическая обработка применяется либо в качестве промежуточной операции для улучшения обрабатываемости давлением, резанием, либо как окончательная операция.

Контрольные вопросы

1. Термическая обработка стали, классификация видов термической обработки.
2. Отжиг, закалка и отпуск стали.
3. Поверхностная закалка.
4. Химико-термическая обработка стали.
5. Что называется закаливаемостью стали?
6. Какие факторы влияют на закаливаемость стали?

Литература: [1; 2].

Тема 7. Цветные металлы

Цветные металлы и сплавы: алюминий, магний, медь, латуни, бронзы, медно-никелевые сплавы.

Методические указания

Основные цветные металлы и сплавы, используемые в химической промышленности: алюминий и его сплавы, магний и его сплавы, медь и ее сплавы, никель и его сплавы, титан и его сплавы.

Контрольные вопросы

1. По каким признакам классифицируют алюминиевые сплавы?
2. Какие алюминиевые сплавы можно упрочнить термической обработкой?
3. Как маркируют деформируемые и литейные алюминиевые сплавы?
4. Назовите основные элементы, входящие в состав латуней.
5. Какие сплавы называют бронзами?
6. Как маркируют деформируемые латуни и бронзы?
7. Как маркируют литейные латуни и бронзы?
8. Как классифицируют титановые сплавы по структуре в отожженном состоянии?
9. Сплавы каких цветных металлов используют как антифрикционные?

Литература: [1; 2.; 3].

Тема 8. Полимерные материалы

Полимерные материалы, их состав, строение, структура и классификация. Термопластичные полимеры. Термореактивные полимеры. Общая характеристика каучуков.

Методические указания

Полимерами называются соединения, молекулы которых состоят из большого числа повторяющихся атомных группировок, соединенных химическими связями в длинные цепи. Исходные вещества, из которых синтезируются полимеры, носят название мономеров. Число звеньев в цепи называется степенью полимеризации, которая может достигать 10000.

Полимеры образуются из мономеров с помощью реакции полимеризации или реакции поликонденсации, в которой происходит взаимодействие двух или нескольких веществ с образованием полимера и выделением побочных низкомолекулярных продуктов, например воды, кислоты, аммиака.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение полимеров.

2. Как классифицируются полимеры в соответствии с молекулярной и надмолекулярной структурой?
3. Какие материалы называются реактопластами? Приведите примеры.
4. Какие материалы называются термопластами? Приведите примеры.
5. Назовите особенности вспененных полимеров. Какие материалы принадлежат к этой группе.
6. Дайте определение эластомеров.
7. Какие виды резин Вы знаете?
8. Опишите технологию получения резин. Приведите примеры.
9. Как классифицируют резины по назначению?

Литература: [1, 2, 4]

Тема 9. Керамические и композиционные материалы

Керамические и композиционные материалы: общая характеристика, классификация и применение.

Методические указания

Как правило, искусственные силикатные материалы предназначаются для эксплуатации в кислых средах. Поэтому в качестве сырья для их изготовления выбираются природные материалы, в составе которых преобладают кислотные оксиды – кремнезем, низкоосновные силикаты и алюмосиликаты. Чем выше содержание кремнезема SiO_2 , тем выше кислотостойкость материала, исключая, конечно, плавиковую кислоту.

Контрольные вопросы

1. Классификация искусственных силикатных материалов.
2. На какие группы делятся силикатные стекла?
3. Каков состав силикатных эмалей?

Литература: [1, 2, 4]

Тема 10. Коррозия материалов

Коррозия материалов. Основные понятия и терминология. Масштабы потерь от коррозии, прямые и косвенные убытки. Виды коррозии и коррозионных разрушений, их классификация.

Методические указания

В процессе эксплуатации конструкционные материалы взаимодействуют с окружающей средой, и постепенно идет процесс разъедания их, разрушение, коррозия. Слово “коррозия” происходит от латинского слова “corrodere”, что означает разъедать. Коррозией металлов (материалов) называют самопроизвольное разрушение металлов (материалов) вследствие физико-химического взаимодействия их с окружающей средой. Ржавлением называется коррозия железа и его сплавов с образованием продуктов коррозии. Следовательно, цветные металлы корродируют, но не ржавеют.

Контрольные вопросы

1. Классификация коррозионных разрушений.
2. Что относят к прямым и косвенным убыткам от коррозии?
3. Что называют коррозией материалов?
4. Что называется ржавлением?

Литература: [5, 6]

Тема 11. Физические методы контроля

Физические методы контроля коррозионных процессов. Диагностика коррозионных процессов. Способы выражения скорости коррозии.

Методические указания

Физические методы контроля коррозионных разрушений классифицируют по разным направлениям: по общему характеру исследований, по продолжительности, по методам оценки. Величину, по которой судят о скорости коррозионного разрушения металла, принято называть показателем скорости коррозии. Для качественной и количественной оценки коррозионной стойкости металлов, сплавов и средств защиты в определенных условиях предназначена десятибалльная шкала коррозионной стойкости.

Контрольные вопросы

1. Приведите классификацию методов физического контроля коррозионных разрушений.
2. В чем причина многообразия показателей скорости коррозии материала?
3. Назовите основные показатели скорости коррозии и установите связь между ними.
4. На каком показателе скорости коррозии строится десятибалльная шкала коррозионной стойкости?

Литература: [5, 6]

Тема 12. Коррозия железа и стали

Коррозия железа и стали. Влияние кислорода. Влияние pH среды на скорость коррозии стали. Коррозия стали в кислотах. Влияние гальванических контактов. Влияние растворенных солей.

Методические указания

Железоуглеродистые сплавы, к которым относятся обычные не легированные стали и чугуны, несмотря на их высокую активность, вытекающую из термодинамической неустойчивости железа (стандартный потенциал $\text{Fe}^{2+} = -0,44 \text{ В}$), все же находят большое применение в химической промышленности для изготовления строительных конструкций, сооружений, аппаратов и деталей.

На потенциал железа оказывает большое влияние в сторону его облагораживания кислород и другие окислители, присутствующие в растворе. Железо малостойкое в кислых средах, недостаточно стойко в нейтральных средах и коррозионностойкое в щелочных средах.

Контрольные вопросы

1. Поясните влияние различных внешних факторов на скорость коррозии железа и стали:
2. Поясните влияние кислорода,
3. Поясните влияние pH среды,
4. Поясните влияние гальванических контактов,
5. Поясните влияние растворенных солей.
6. Объясните низкую коррозионную стойкость железоуглеродистых сталей в природных условиях.

Литература: [5, 6, 9]

Тема 13. Влияние различных факторов на скорость коррозии

Влияние различных факторов на скорость коррозии железа и стали. Влияние состава стали. Влияние термической обработки. Влияние термических напряжений. Коррозионное растрескивание под напряжением. Меры по снижению опасности коррозионного растрескивания

Методические указания

Неоднородность железоуглеродистых сплавов по химическому составу, несомненно, влияет на их коррозионное поведение в агрессивных средах. Известно, что железо-армко, содержащее незначительное количество примесей (сотые доли процента), довольно стойко в ряде агрессивных сред, в особенности в условиях протекания процесса с водородной деполяризацией.

Примеси могут влиять различно в зависимости от своей природы.

Контрольные вопросы

1. Поясните влияние катодных и анодных примесей на скорость коррозии сплава.
2. Объясните причины и механизм коррозионного растрескивания металлов.
3. Каковы особенности поведения металла в агрессивной среде при воздействии переменных нагрузок?

Литература: [5, 6, 9]

Тема 14. Влияние материала на конструкцию аппарата

Влияние материала на конструкцию аппарата и способ его изготовления. Конструкционные особенности аппаратов из высоколегированных сталей. Конструктивные особенности эмалированных и аппаратов из цветных металлов и пластмасс.

Методические указания

Правильный выбор конструкционного материала оказывает непосредственное влияние на технологичность отдельных деталей и

узлов, сварных, паяных и клеевых соединений, а также на конструкцию проектируемого аппарата или машины.

Технологические свойства конструкционных материалов в значительной степени определяют выбор способа изготовления из него отдельных деталей и узлов.

Контрольные вопросы

1. Как влияет характер обработки поверхности металла на коррозионную стойкость конструкции?
2. Особенности влияния контакта разнородных металлов и неметаллических материалов.
3. Особенности сварки и соединений деталей. Влияние застойных зон.

Литература: [3, 5, 6, 8]

Тема 15. Защитные покрытия металлов

Защитные покрытия металлов. Области применения. Подготовка поверхности металла перед нанесением покрытия. Методы нанесения металлических покрытий: металлизация, плакирование; гальванические, диффузионные и горячие покрытия. Новые способы нанесения покрытий: ультразвуковая и вакуумная металлизация, газотермические защитные покрытия

Методические указания

Защитные покрытия должны удовлетворять следующим требованиям:

они должны быть сплошными, непроницаемыми, обладать высокой прочностью сцепления с основным металлом, высокой твердостью, износостойкостью и равномерно распределяться по всей защищаемой поверхности; равномерность распределения защитного слоя и высокая прочность его сцепления с основным металлом достигается в результате тщательной подготовки поверхности металла, правильного выбора состава раствора и строгого соблюдения технологического режима нанесения покрытия.

Контрольные вопросы

1. Классификация защитных покрытий.

2. Требования, предъявляемые к защитным покрытиям.
3. Способы нанесения металлических покрытий и их эксплуатационные и экономические показатели.
4. Покрытия, получаемые химической и электрохимической обработкой поверхности металла: технология, свойства и направления использования.
5. Каковы преимущества и перспективы использования плакированных сталей?

Литература: [5, 6]

Тема 16. Неорганические и органические защитные покрытия

Неорганические защитные покрытия, области применения. Силикатные эмали. Цементные покрытия. Фосфатные покрытия. Оксидные покрытия. Органические покрытия. Лакокрасочные покрытия. Гуммирование. Полимерные покрытия.

Методические указания

Из покрытий, получаемых путем химической обработки поверхности защищаемых металлов, наибольшее распространение в машиностроении и приборостроении нашел способ оксидирования черных и цветных металлов. Процесс фосфатирования заключается в обработке стальных деталей в горячем растворе фосфорнокислых солей некоторых металлов, преимущественно марганца и железа, в результате чего на поверхности металла образуется пористая и хрупкая пленка.

Эмалированию подвергаются черные, цветные, а также благородные металлы. Эмаль устойчива во всех органических и минеральных кислотах за исключением плавиковой, а также в слабых растворах щелочей.

Контрольные вопросы

1. Какие покрытия на основе каучука вы знаете?
2. Назовите перспективные методы гуммирования аппаратуры.
3. Какие полимерные смолы получили практическое использование в качестве защитных покрытий и в каких средах?
4. Назовите основные эксплуатационные требования, предъявляемые к эмалированной химической аппаратуре.

Литература: [5, 6]

3. СОДЕРЖАНИЕ И ЦЕЛЬ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА

Многие выводы курса “Конструкционные материалы в химической технологии” базируются на экспериментальных данных. Поэтому овладению современными экспериментальными методами исследований в этой области отводится немаловажная роль.

Объем лабораторного практикума определяется преподавателем, исходя из следующего перечня работ:

1. Легированные стали
2. Полимерные конструкционные материалы
3. Цветные металлы и сплавы
4. Исследование свойств неметаллических материалов
5. Химическая металлизация пластмасс
6. Кислотостойкость сплавов
7. Анодирование алюминия
8. Электрохимическое цинкование

Подготовиться к выполнению лабораторных работ необходимо по методическим указаниям [13-20].

Студенты готовятся к защите лабораторных работ по литературе [1-9], отвечают на контрольные вопросы.

Методические указания к выполнению лабораторных работ выдаются кафедрой в период лабораторного практикума. Выполнение лабораторного практикума заканчивается оформлением и защитой отчета о проведении и результатах исследований или изучения технологических процессов и закономерностей.

4. ПРОВЕРОЧНОЕ ЗАДАНИЕ

Проверочное задание следует рассматривать как итоговое задание, характеризующее степень и качество изучения дисциплины в период самостоятельной подготовки. Решение задания оформляется в виде пояснительной записки объемом 2-3 с. рукописного или компь-

ютерного текста. Ниже приводится текст задания и таблица параметров, характеризующих условия эксплуатации материала.

Вариант задания выдается каждому студенту индивидуально преподавателем на установочной лекции.

Задание. Провести обоснованный выбор конструкционных материалов для условий, указанных в таблице.

Выбор материалов и оформление пояснительной записки желательно приводить в последовательности:

Провести предварительный отбор возможных материалов на основании данных, содержащихся в справочной литературе [10-18]. Описать строение и химический состав выбранных материалов (для металлов – структурный состав). Привести сведения о коррозионной стойкости материала с указанием температурного режима и концентраций агрессивных компонентов среды. В целях повышения достоверности сведения о возможных скоростях коррозии и стойкости желательно брать из нескольких источников. Оценка скорости коррозии, как правило, осуществляется по максимальным значениям.

Выяснить и описать технологические и механические свойства материалов. Возможность механической обработки и т.д. Здесь же приводятся сведения о полуфабрикатах, изготавливаемых из данного материала, их дефицитности и стоимости. Дается заключение об области предпочтительного использования.

Используя полученную информацию, выбрать предпочтительные материалы. Дать подробное описание поведения этих материалов в рабочей среде, указав механизм коррозионного разрушения, степень влияния внешних и внутренних факторов.

В заключение приводятся расчеты глубины проникновения (или материального эффекта) коррозионного процесса за период эксплуатации объекта.

Исходные данные для выполнения контрольного задания:

№ задания	Среда	Температура, °С	Период эксплуатации, год
1	10% р-р азотной кислоты	75	5
2	40% р-р хлорного железа	Кип.	10
3	60% р-р фосфорной кислоты	120	12
4	20% р-р сульфата натрия	50	15
5	45% р-р сернокислого аммония	35	20
6	20% р-р уксусной кислоты	20	12
7	9% р-р муравьиной кислоты	Кип.	6
8	15% р-р соляной кислоты	85	5
9	20% р-р серной кислоты	45	5
10	20% р-р гидроокиси натрия	Кип.	6

Вопросы к зачету

1. Конструкционные материалы, их роль в химической технологии. Классификация конструкционных материалов.
2. Основные свойства материалов: физико-химические, механические, технологические, потребительские.
3. Методы исследований и испытаний материалов: разрушающие и неразрушающие.
4. Железо и его сплавы. Диаграмма состояния системы железо – углерод.
5. Углеродистые стали, их классификация.
6. Чугуны, их классификация.
7. Легированные стали, их классификация и маркировка по российским и международным стандартам.
8. Термическая обработка стали, классификация видов термической обработки.
9. Отжиг, закалка и отпуск стали. Поверхностная закалка.
10. Химико-термическая обработка стали.
11. Цветные металлы и сплавы.
12. Полимерные материалы, их состав, строение, структура и классификация.
13. Термопластичные полимеры. Термореактивные полимеры. Общая характеристика каучуков.
14. Керамические и композиционные материалы: общая характери-

стика, классификация и применение.

15. Масштабы потерь от коррозии. Прямые и косвенные убытки.
16. Виды коррозионных разрушений. Их классификация.
17. Физические методы контроля коррозионных разрушений. Классификация.
18. Диагностика коррозионных процессов.
19. Способы выражения скорости коррозии.
20. Влияние внешних факторов на скорость коррозии железа и стали.
21. Влияние состава стали на скорость ее коррозии.
22. Влияние легирующих добавок на скорость коррозии стали.
23. Коррозионное растрескивание под напряжением. Меры борьбы.
24. Влияние материала на конструкцию аппарата и способ его изготовления.
25. Конструкционные особенности аппаратов из высоколегированных сталей.
26. Конструктивные особенности эмалированных и аппаратов из цветных металлов и пластмасс
27. Защитные покрытия металлов. Области применения. Подготовка поверхности металла перед нанесением покрытия.
28. Металлические защитные покрытия.
29. Неорганические защитные покрытия.
30. Органические защитные покрытия.

5. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Солнцев, Ю. П. Материаловедение / Ю. П. Солнцев, Е. И. Пряхин. – Санкт-Петербург : Химиздат, 2004. – 735 с.
2. Солнцев, Ю. П. Технология конструкционных материалов : учебник для студентов втузов / Ю. П. Солнцев, Б. С. Ермаков, В. Ю. Пирайнен; под ред. Ю. П. Солнцева. – Санкт-Петербург : Химиздат, 2006. <http://www.biblioclub.ru/book/102721/>
3. Ржевская, С. В. Материаловедение / С. В. Ржевская. – 4-е изд. – Москва : Логос, 2006. – 422 с. <http://www.biblioclub.ru/book/89943/>
4. Косинцев, В. И. Основы проектирования химических производств / В. И. Косинцев и др. – Москва: Академкнига – 331 с.

5. Короткова, Л. П. Конструкционные материалы / Л. П. Короткова; ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2005. – 156 с.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90168&type=utchposob:common>

б) дополнительная литература:

6. Солнцев, Ю. П. Материаловедение. Применение и выбор материалов / Ю. П. Солнцев, Е. И. Борзенко, С. А. Вологжанина. – Санкт-Петербург : Химиздат, 2007. – 196 с.

7. Семенова, И. В. Коррозия и защита от коррозии / И. В. Семенова, Г. М. Флорианович, А. В. Хорошилов. – 2-е изд. – Москва: Физматлит, 2006. – 376 с. <http://www.biblioclub.ru/book/68857/>

8. Крупин, Ю. А. Материаловедение спецсплавов : Коррозионностойкие материалы [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Металлургия» и специальности «Физико-химия процессов и материалов» / Ю. А. Крупин, В. Б. Филиппова; Моск. гос. ин-т стали и сплавов. – М.: Изд. Дом МИСиС, 2008. – 152 с.

9. Старикова, Е.Ю. Химическое сопротивление материалов и защита от коррозии / Е. Ю. Старикова; КузГТУ. – Кемерово, 2008. – 124 с.

в) справочная литература

10. Справочник по конструкционным материалам / под ред. В. Г. Арзамасова. – Москва: Изд-во МГТУ, 2005. – 638 с.

11. Марочник сталей и сплавов: справочник / под ред. В. Г. Сорокина. – Москва: Машиностроение, 1989. – 638 с.

12. Коррозия конструкционных материалов. Газы и неорганические кислоты: справочник: в 2 кн. / под ред. В. В. Батракова. – Москва: Интернет-Инжиниринг, 2000. – 344 с.

г) учебно-методическая литература

13. Легированные стали [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Конструкционные материалы в химической технологии» для студентов направления подготовки бакалавров 18.03.01 «Химическая технология» всех форм обучения / сост.: Е. Ю. Старикова; ФГБОУ ВО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. энергоресурсосберегающих процессов в хим. и нефтегаз. технологиях. – Кемерово, 2016. – 12 с. – Режим доступа: <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=3874>. – Загл. с экрана.

14. Полимерные конструкционные материалы [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Конструкционные материалы в химической технологии» для студентов направления подготовки бакалавров 18.03.01 «Химическая технология» всех форм обучения / сост.: Е. Ю. Старикова; ФГБОУ ВО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. энергоресурсосберегающих процессов в хим. и нефтегаз. технологиях. – Кемерово, 2016. – 18 с. – Режим доступа: <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=3872>.
15. Цветные металлы и сплавы [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Конструкционные материалы в химической технологии» для студентов направления подготовки бакалавров 18.03.01 «Химическая технология» всех форм обучения / сост.: Е. Ю. Старикова; ФГБОУ ВО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. энергоресурсосберегающих процессов в хим. и нефтегаз. технологиях. – Кемерово, 2016. – 16 с. – Режим доступа: <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=3873>
16. Химическая металлизация пластмасс [Электронный ресурс] : методические указания к лабораторной работе № 14 дисциплине «Защита металлов от коррозии» для обучающихся направления подготовки 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» всех форм обучения / сост. Е. Ю. Старикова ; ФГБОУ ВО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. энергоресурсосберег. процессов в хим. и нефтегаз. технологиях. – Кемерово, 2018. – 9 с. – Режим доступа <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=9008>.
17. Исследование свойств неметаллических материалов [Электронный ресурс]: метод. указания по выполнению лабораторной работы к лабораторной работе по дисциплине «Конструкционные материалы в химической технологии» для студентов направления подготовки бакалавров 18.03.01 «Химическая технология» всех форм обучения / / сост.: Е. Ю. Старикова; ФГБОУ ВО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. энергоресурсосберегающих процессов в хим. и нефтегаз. технологиях. – Кемерово, 2019. – 9 с. – Режим доступа <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=9575>.
18. Кислотостойкость сплавов [Электронный ресурс] : методические указания к лабораторной работе по дисциплинам «Конструкционные материалы в химической технологии», «Защита металлов от коррозии» для студентов направлений подготовки бакалавров 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,

нефтехимии и биотехнологии» и 18.03.01 «Химическая технология" всех форм обучения / Е. Ю. Старикова ; ФГБОУ ВО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. энергоресурсосберег. процессов в хим. и нефтегаз. технологиях. – Кемерово, 2019. – 9 с.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=9576>

19. Электрохимическое цинкование [Электронный ресурс]: методические указания по выполнению лабораторной работы № 7 по дисциплине «Защита металлов от коррозии» для студентов направления подготовки бакалавров 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» всех форм обучения / сост.: Е. Ю. Старикова; ФГБОУ ВО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. энергоресурсосберегающих процессов в хим. и нефтегаз. технологиях. – Кемерово, 2019. – 8 с.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=9580>

20. Анодирование алюминия: [Электронный ресурс]: методические указания по выполнению лабораторной работы № 12 по дисциплине «Защита металлов от коррозии» для студентов направления подготовки бакалавров 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» всех форм обучения / сост.: Е. Ю. Старикова; ФГБОУ ВО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. энергоресурсосберегающих процессов в хим. и нефтегаз. технологиях. – Кемерово, 2019. – 8 с.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=9578>