Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра химии и химической технологии

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН МТФ
к.т.н., доцент А.Г. Тюрин
“___”_____ _____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ДИСЦИПЛИНЫ

Основы создания углеродных материалов

Образовательная программа: 18.04.01 Химическая технология, магистерская программа: Химические технологии композиционных и функциональных материалов

Новосибирск 2023

1. Методика оценки этапов формирования компетенций по дисциплине

Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций проверяются при проведении мероприятий текущего контроля в процессе изучения дисциплины.

В 3 семестре обязательным этапом текущей аттестации является реферат. Требования к выполнению реферата, состав и правила оценки сформулированы в паспорте реферата.

Промежуточная аттестация по **дисциплине** проводится в 3 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в программе индикаторами достижения компетенций ПК-1.В/НИ, ПК-3.В/НИ и соотнесенных с ними индикаторов.

Экзамен проводится в форме письменного тестирования с использованием электронной информационно-образовательной среда НГТУ (http:// www.nstu.ru/sveden/eos).

Общие правила выставления оценок текущей и промежуточной аттестации по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе дисциплины.

На основании критериев, приведенных в п. 2, осуществляется оценка уровней достигнутых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в программе индикаторами достижения компетенций ПК-1.В/НИ, ПК-3.В/НИ, закрепленных за дисциплиной.

2. Общая характеристика уровней результатов обучения, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Продвинутый. Теоретическое содержание курса освоено полностью. Студент демонстрирует систематическое и глубокое понимание учебного материала и способность к самостоятельному пополнению и обновлению знаний в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности. Сформированы необходимые навыки практической работы. Все учебные задания, предусмотренные программой обучения, выполнены качественно, без замечаний. Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций, оценены числом баллов, входящим в диапазон продвинутого уровня.

Базовый. Теоретическое содержание курса освоено в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и профессиональной деятельности. Навыки практической работы сформированы на базовом уровне. Все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены с небольшими погрешностями. Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций, оценены числом баллов в пределах базового уровня.

Пороговый. Теоретическое содержание курса освоено в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и профессиональной деятельности. Некоторые практические навыки работы с сформированы с пробелами. Учебные задания, предусмотренные программой обучения, выполнялись с ошибками, исправленными под руководством преподавателя. Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций, оценены числом баллов в пределах порогового уровня.

Ниже порогового. Теоретическое содержание курса освоено фрагментарно. Необходимые навыки практической работы сформированы минимально. Большинство учебных заданий, предусмотренных программой обучения, не выполнены. Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций, оценены числом баллов, входящих в диапазон ниже порогового уровня.

Паспорт экзамена

по дисциплине «Основы создания углеродных материалов», 3 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в форме письменного тестирования с использованием электронной информационно-образовательной среда НГТУ (http:// www.nstu.ru/sveden/eos).

Тестовые задания охватывают все содержание «Основы создания углеродных материалов».

Тест состоит из вопросов различного вида и позволяет проверить результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций.

2. Критерии оценки результатов обучения, соотнесенных с уровнями освоения индикаторов достижения компетенций

Выполнение теста засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент правильно ответил на все вопросы теста, знает определения всех понятий, продемонстрировал способность безошибочно устанавливать последовательность и соответствие между процессами и явлениями, выявлять проблемы, предлагать механизмы их решения, представляет количественные и качественные характеристики определенных процессов и не допускает ошибок при решении задач. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций не содержит пробелов. Установленные в программе компетенции сформированы в полном объеме. Оценка составляет *от 35 до 40 баллов*.

Выполнение теста засчитывается на **базовом** уровне, если студент правильно ответил на ⅔ вопросов теста, знает определения основных понятий, продемонстрировал способность устанавливать последовательность и соответствие между процессами и явлениями, правильно характеризует процессы, явления, не допускает существенных ошибок при решении задач. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит несущественные пробелы. Установленные в программе компетенции сформированы на базовом уровне. Оценка составляет *от 27 до 34 баллов*.

Выполнение теста засчитывается на **пороговом** уровне, если студент правильно ответил от ½ до ⅔ вопросов теста, знает определения основных понятий, продемонстрировал способность устанавливать последовательность и соответствие между процессами и явлениями, при решении задач допускает непринципиальные ошибки, например, вычислительные. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит пробелы. Установленные в программе компетенции сформированы на пороговом уровне. Оценка составляет *от 20 до 26 баллов*.

Выполнение теста считается **неудовлетворительным**, если студент правильно ответил менее чем на половину вопросов теста, не знает определений понятий, не продемонстрировал способность устанавливать последовательность и соответствие между процессами и явлениями, при решении задач допускает принципиальные ошибки. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит существенные пробелы. Установленные в программе компетенции не сформированы. Оценка составляет *менее 20 баллов*.

3. Шкала оценки

Экзамен считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета составляет от 20 до 40 баллов включительно. Сумма менее 20 баллов признается неудовлетворительным результатом промежуточной аттестации по дисциплине.

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, установленными в НГТУ.

4. Фонд оценочных материалов (вопросы теста[1]) для оценки уровня сформированности компетенций и соотнесенных с ними индикаторов

Формируемая компетенция	Индикаторы компетенции
ПК-1.В/НИ Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом региональных особенностей и потребностей работодателей.	2. умеет решать теоретические и прикладные задачи в области синтеза углеродных материалов.

Вопросы теста для оценки сформированности компетенции ПК-1.В/НИ (по индикатору 2)

Вопрос 1. Проведите анализ технологий углеграфитовых материалов

Ответ. Особенностью технологии производства углеграфитовых материалов является то, что они получаются в твердом виде в печах периодического действия. Углеродистое сырье (нефтекокс) смешивается со связующим (каменноугольным пеком). Далее следует формование заготовок, их обжиг. Получение угольных изделий на этой операции заканчивается. Для получения графитированной продукции обожженные изделия подвергаются графитации в печах сопротивления.

Вопрос 2. Приведите сведения о процессе прессования выдавливанием

Ответ. При прессовании выдавливанием уплотненная масса непрерывно выдавливается из мундштука. Оно возможно только для горячих масс. При температуре массы примерно 90 °С давление составляет 16…20 МПа. Частицы как кокса, так и антрацита имеют форму продолговатых пластинок. При данном способе прессования они располагаются преимущественно направлению выдавливания, поэтому и таких изделий высокая степень анизотропии.

Вопрос 3. Приведите сведения о процессе пропитки

Ответ. Углеграфитовые материалы имеют высокую пористость, после обжига она составляет 17…20 %, а после графитации 25…31 %. Часто это нежелательно, поэтому практикуется заполнение пор. При этом обеспечивается удовлетворительная газо- и водонепроницаемость, повышаются механические свойства. На практике пропитка обожженных изделий осуществляется в автоклавах с использованием жидкого органического соединения (обычно каменноугольного пека) с повторным обжигом.

Вопрос 4. При производстве угольных изделий

- ○ Твердым сырьевым материалом является антрацит ✔
- ○ Твердым сырьевым материалом является нефтекокс
- ○ После операции обжига следует операция графитации
- ○ Связующее не используется

Вопрос 5. Антрацит …

- ○ Характеризуется сравнительно высоким содержанием (4…8 масс. %) зольных примесей ✔
- ○ Характеризуется низким содержанием (на уровне 1 масс. %) зольных примесей
- ○ По сравнению с нефтекоксом имеет более высокую электропроводность
- ○ Используется для производства антифрикционных изделий

Вопрос 6. Приведите сведения о технологии подготовки сырьевых материалов для изготовления углеграфитовых изделий

Ответ. Твердыми сырьевыми материалами являются антрацит (производство угольных изделий) и нефтекокс (производство графитированных изделий). Антрацит и нефтекокс подвергаются дроблению. Далее они подвергаются прокалке – для удаления летучих и стабилизации физико-химических свойств. После этого следует их измельчение. Связующее (каменноугольный пек) перед смешением с твердыми материалами подогревается для перевода его в жидкотекучее состояние.

Вопрос 7. Приведите сведения о прокалке во вращающихся барабанных печах

Ответ. Прокаливание – термическая обработка углеродистых материалов без доступа воздуха при температуре примерно 1300 °С. Основная цель прокаливания – предварительная усадка углеродных материалов (она не должна происходить при обжиге – тогда возрастает вероятность растрескивания обожженных изделий). Кроме того, при прокаливании удаляются летучие, стабилизируются физические и механические свойства углеродных материалов – все это благоприятно сказывается на качестве продукции. Вращающаяся печь представляет собой длинный барабан, установленный с уклоном 2,5…5° и вращающийся с угловой скоростью 1…5 $мин^{-1}$, за счет чего загруженный

[1] Правильные ответы выделены галочкой

материал перемещается от одного конца печи к другому. Прокаливаемый материал и дымовые газы движутся навстречу друг другу, то есть печь работает в режиме противотока.

Вопрос 8. Приведите сведения о прокалке в электрокальцинаторах

Ответ. Электрокальцинатор представляет собой однофазную печь сопротивления. Греющим сопротивлением является сам прокаливаемый материал, постепенно опускающийся вниз. Гранулометрический состав прокаливаемого материала должен быть как можно более однородным. Тепловой режим регулируют косвенно по показаниям амперметра или счетчика электроэнергии. Расход электроэнергии на одну тонну прокаленного материала составляет 400…1200 кВт·ч.

Вопрос 9. Приведите сведения о классификации измельченных материалов

Ответ. Только измельчением можно получить зерновые материалы заданных размеров, поэтому измельченные материалы подвергаются классификации на ситах, т. е. разделению на фракции (состоящие из зерен, более близких по размеру, чем в исходной смеси). Этот процесс называется грохочением или рассеиванием. Машины, на которых производится эта операция, называются грохотами; в электродной промышленности наибольшее распространение получили вибрационные механические грохоты. Их используют для получения нижнего продукта с размерами от 25 до 0,1 мм. Материал при грохочении расслаивается – мелкие частицы оказываются внизу, а крупные вверху, что положительно влияет на процесс.

Вопрос 10. При измельчении углеродных материалов …

- ○ используются шаровые мельницы и дезинтеграторы ✔
- ○ износ оборудования не происходит
- ○ используются щековые дробилки
- ○ не создаются условия для немедленного удаления из аппарата частиц, раздробленных до заданных размеров

Вопрос 11. При смешении …

- ○ масса, находящаяся в смесильных машинах, не обогревается
- ○ время процесса одинаково для композиций любого состава
- ○ чем мельче гранулометрический состав и выше температура размягчения, тем больше времени требуется для получения готовой однородной массы ✔
- ○ растворители не используются

Вопрос 12. Каково основное назначение операции обжига

Ответ. Целевое назначение операции обжига углеграфитовых материалов заключается в превращении связующих веществ (как правило, пека) в кокс. Оно происходит в результате нагревания спрессованных заготовок до высокой температуры (порядка 1000 °С и выше). Спрессованная заготовка представляет собой блок, состоящий из мелких частиц твердых углеродных материалов, связанных между собой каменноугольным пеком. Пек прочно прилипает к твердым поверхностям углеродных материалов, образуя между ними переходные слои, которые затвердевают при обжиге, превращаясь в кокс. Созданная таким образом коксовая решетка придает заготовке высокую механическую прочность, одновременно резко увеличиваются значения теплопроводности и электропроводности.

Вопрос 13. Приведите сведения о процессах, происходящих при обжиге

Ответ. При нагревании заготовок до температуры 200…250 °С происходит размягчение пека, заготовки становятся непрочными и увеличиваются в объеме. При температуре около 400 °С наблюдаются первые признаки цементации (затвердевания) изделий, но механическая прочность их еще очень низка. С подъемом температуры до 500…600 °С изделия заметно твердеют, происходит значительная усадка, увеличивается электропроводность и механическая прочность. Основная масса летучих выделяется до 600 °С, при дальнейшем повышении температуры их выделение уже незначительно. Усадка постепенно уменьшается, а прочность, твердость, плотность, электропроводность и пористость увеличиваются.

Вопрос 14. Приведите сведения об обжиге в туннельных печах

Ответ. Туннельные печи применяются для обжига мелких изделий, главным образом щеточных материалов; за рубежом их применяют для обжига крупных изделий. Обжигаемые изделия загружаются в тигли или кессоны и помещаются на вагонетки. В печах имеются зоны подогрева, обжига и охлаждения. Вагонетки движутся по рельсовому пути, навстречу им подаются дымовые газы. Максимальная температура обжига 1400 °С, время примерно пять суток.

Вопрос 15. При обжиге в многокамерных печах …

- ○ чем меньше размеры изделий, тем дольше время обжига
- ○ температура заготовок, которые потом будут подвергаться графитации, составляет примерно 2000 °С
- ○ для предотвращения окисления заготовок применяются углеродные засыпочные материалы ✔

- температура заготовок, которые потом не будут подвергаться графитации (получение угольных изделий), составляет примерно 2500 ºС

Вопрос 16. При обжиге в туннельных печах …
- температура ниже, чем в многокамерных печах
- Максимальная температура процесса составляет примерно 700 ºС
- изделия, подвергающиеся обжигу, загружаются в тигли или кессоны ✔
- процесс происходит периодически

Вопрос 17. При графитации в печах, работающих по способу Кастнера …
- можно графитировать изделия любой формы и размеров
- главным технологическим параметром является напряжение
- время процесса меньше, чем в печах Ачесона ✔
- к источнику тока подключают несколько заготовок, причем соединение чаще всего параллельное

Вопрос 18. Назначение операции графитации
Ответ. Графитированные материалы отличаются от обожженных тем, что приобрели свои специфические свойства в результате дополнительной технологической операции – термической обработки при температуре 2200…3000 °С. Эта операция называется графитацией, потому что углеродные материалы (нефтекоксы) после нее приобретают свойства, присущие естественным графитам, в частности высокие значения тепло- и электропроводности. Основная масса графитированных материалов изготовляется на основе малозольных нефтекоксов и связующего – каменноугольного пека. В процессе графитации графитируется и вторичный кокс, образовавшийся из связующего. Этим объясняется высокая однородность графитированных материалов.

Вопрос 19. Приведите сведения о процессе графитации в печах Ачесона
Ответ. Печи Ачесона – электрические однофазные печи сопротивления прямого нагрева. В этой печи сопротивлением служит керн, состоящий из графитируемых изделий и пересыпки. Ценность этих печей заключается в том, что в сравнительно малых их объемах можно сконцентрировать огромные количества энергии и тем самым достичь очень высоких температур, примерно до 3000 °С. Токоподводящие электроды – графитированные электроды, поскольку по сравнению с угольными они допускают более высокую плотность тока. Заготовки укладываются в печь перпендикулярно ее оси.

Вопрос 20. Приведите сведения о процессе графитации в печах Кастнера
Ответ. В данной печи между двух электродов зажимается угольный стержень небольшого сечения, через который пропускается электрический ток. Стержень нагревается до высокой температуры и при этом графитируется. В настоящее время разработаны конструкции печей, в которых к источнику тока подключают несколько изделий. Печь состоит из пода (подины), двух торцевых стенок и боковых стен. В торцевых стенках заделаны токоподводящие электроды.

Вопрос 21. Приведите классификацию углеграфитовых материалов по области их применения.
Ответ. Все углеграфитовые материалы делятся на следующие классы: электродные изделия, углеродистые массы и пасты, огнеупорные материалы, электроугольные изделия, антифрикционные изделия, химически стойкие изделия, графитированные блоки и детали для атомной энергетики, углеродные волокна и углепластики, углеродные наноматериалы.

Вопрос 22. В чем отличительные признаки каменноугольного пека от других углеграфитовых материалов?
Ответ. В отличие от углеграфитовых материалов, каменноугольный пек – это сложная гетерогенная система высококонденсированных карбо – и гетероциклических соединений, и продуктов их уплотнения, различающихся степенью ароматичности, составом, свойствами, молекулярной структурой.

Вопрос 23. С какой целью проводят операции измельчения и классификации исходных и порошкообразных материалов?
Ответ. Данные операции проводят с целью получения строго заданных размеров зерновых материалов, из которых будут составлять шихты для различных изделий, а также для эффективного прокаливания.

Вопрос 24. В чём заключается операция классификации порошковых материалов?
Ответ. Классификация – операция разделения смеси зерен различной крупности на фракции, состоящие из зерен, более близких по размеру, чем в исходной смеси. Для классификации материал пропускают через сита с отверстиями определенного размера.

Вопрос 25. От каких факторов зависит эффективность грохочения?
Ответ. Эффективность грохочения зависит формы зерен рассеиваемого материала и сит, о влажности исходного материала, скорости движения материла по грохоту, от угла наклона грохота и характера его движения.

Вопрос 26. Какие основные этапы приготовления массы из углесодержащего сырья?

Ответ. Основной целью процесса является равномерное распределение компонентов в массе шихты. На первом этапе смешения происходит равномерное распределение сыпучих материалов в смесителях без добавления связующего, которое достигается многократным пересыпанием ее составных частей. На втором этапе происходит добавление связующих веществ и уплотнение массы.

Вопрос 27. В чем состоит отличие углеграфитовых материалов?
Ответ. Углеграфитовые материалы не плавятся при температурах и условиях, применяемых в промышленности; инертны ко многим химическим воздействиям; окислы их газообразные; механическая прочность изделий из углеграфитовых материалов остается постоянной и даже увеличивается при повышении температуры до 2000–2500 °С.

Вопрос 28. В чем преимущества графитированных электродов?
Ответ. Графитированные электроды могут применяться в печах любой емкости; они способны выдерживать большие нагрузки по току; расход их в 2-3 раза ниже угольных; они меньше науглероживают расплавленный материал; их можно свинчивать без специальной пасты, которая необходима при соединении угольных электродов; они более легкие, с ними работать проще.

Вопрос 29. В чем преимущества в угольных электродах?
Ответ. Угольные электроды меньше ломаются в процессе загрузки и плавления от ударов; медленнее проходят через лом из-за своего большого диаметра, и поэтому без предохранительных мер не прожигают под печи как графитированные; дают более устойчивую дугу во время плавления; стоимость в 3 раза ниже графитированных.

Вопрос 30. Что происходит в процессе графитации?
Ответ. В результате графитации резко снижается электросопротивление, снижается твердость и облегчается механическая обработка, снижается способность окисляться, удаляются зольные примеси, обеспечиваются требуемые электрофизические и антифрикционные качества.

Формируемая компетенция	**Индикаторы компетенции**
ПК-3.В/НИ Способен использовать теоретические модели технологических процессов, позволяющие прогнозировать и оценивать технологические параметры и различные физико-химические явления, характеристики аппаратуры и свойства получаемых веществ и материалов, а также применять пакеты прикладных программ в профессиональной деятельности	2. знает основные методы исследования свойств композиционных функциональных материалов и возможности их использования для решения профессиональных задач. 4. умеет пользоваться современными приборами и средствами для определения составов, свойств веществ и материалов, проводить стандартные испытания материалов.

Вопросы теста для оценки сформированности компетенции ПК-3.В/НИ (по индикаторам 2, 4)

Вопрос 1. Технологии смешения углеродных материалов
Ответ. Цель смешения – приготовление однородной массы из компонентов, заданных рецептурой. После прибавления к полученной сухой смеси жидких связующих веществ (расплавленного каменноугольного пека) она приобретает связность и дальнейшее ее смешение осуществляется в двухлопастных смесильных машинах с обогреваемым корпусом. Углеродные материалы перед смешиванием подвергаются последовательно крупному и среднему дроблению в дробилках и измельчению в мельницах.

Вопрос 2. Приведите сведения об аппаратуре для дробления углеродистых материалов
Ответ. В заводской практике производства углеграфитовых материалов применяются дробилки: валковые с зубчатыми и гладкими валками, щековые, молотковые и шаровые мельницы. Зубчатые валковые дробилки используют для дробления сырья, поступающего на завод (крупность кусков может достигать 500…700 мм); щековые дробилки – для дробления «зеленого», обожженного и графитированного боя, а также иногда для дробления основного сырья. Для получения зерновых материалов (в виде крупного порошка) применяют дробилки с гладкими валками и молотковые дробилки, для тонкого измельчения – шаровые мельницы.

Вопрос 3. При производстве графитированных изделий
- ○ Твердым сырьевым материалом является нефтекокс ✔
- ○ Твердым сырьевым материалом является антрацит
- ○ Завершающей стадией является обжиг
- ○ Прокалка нефтекокса не производится

Вопрос 4. Нефтекокс…
- ○ Характеризуется низким содержанием (на уровне 1 масс. %) зольных примесей ✔
- ○ Характеризуется сравнительно высоким содержанием (4…8 масс. %) зольных примесей

- Практически не содержит летучих
- Используется для производства угольных огнеупоров

Вопрос 5. При графитации в нормальных прямых печах (печах Ачесона)…

- тепло выделяется преимущественно в графитируемых заготовках
- изделия, предназначенные для графитации, укладывают на пересыпку (теплоизоляционную шихту) в середине печи параллельно ее оси
- тепло выделяется преимущественно в пересыпке между графитируемыми заготовками ✔
- окончание процесса определяют по величине температуры в печи

Вопрос 6. Что такое сажа?

Ответ. Сажа - это высокодисперсный графит, который состоит из мелких и беспорядочно ориентированных кристаллов графита. Частицы сажи построены из мелких кристаллитов, повернутых своими параллельными плоскостями друг к другу произвольно.

Вопрос 7. В чем отличительные признаки каменноугольного пека от других углеграфитовых материалов?

Ответ. В отличие от углеграфитовых материалов, каменноугольный пек – это сложная гетерогенная система высококонденсированных карбо – и гетероциклических соединений, и продуктов их уплотнения, различающихся степенью ароматичности, составом, свойствами, молекулярной структурой.

Вопрос 8. Что понимается под обжигом?

Ответ. Под обжигом (спеканием) понимают процесс термической обработки спрессованных материалов. Обжиг – одна из важнейших операций, в процессе которой формируются качественные характеристики и эксплуатационные свойства электродных и электороугольных изделий.

Вопрос 9. Что такое графитация?

Ответ. Графитация – процесс высокотемпературной обработки углеродистых неграфитовых материалов, при которой они переходят в состояние более высокой кристаллографической упорядоченности.

Вопрос 10. В чем основная цель прокаливания углеродистых материалов?

Ответ. Прокаливание является основным звеном производственного цикла в технологии углеграфитовых материалов, влияющее на качество и эксплуатационные характеристики готовой продукции. Основная цель прокаливания – предварительная усадка углеродистых материалов, определяющая стабильность физических и механических свойств готовых изделий.

Вопрос 11. Основные отличительные признаки стеклоуглерода.

Ответ. Это углеродный материал, имеющий высокую прочность и практически газонепроницаем, химически инертен. Но при этом хрупок, обладает почти бездефектной внешней поверхностью.

Вопрос 12. Для чего используют углеродные массы и пасты?

Ответ. Углеродные массы и пасты используют в самоспекающихся электродах (электродная и анодная масса), они служат для заполнения швов между углеграфитовыми блоками при кладке и футеровке печей, а также для набивки подин электролизеров и печей. Электродная масса применяется в производстве алюминия, ферросплавов, карбида кальция, фосфора, абразивных материалов.

Вопрос 13. Каково основное назначение операции обжига?

Ответ. Целевое назначение операции обжига углеграфитовых материалов заключается в превращении связующих веществ (как правило, пека) в кокс. Оно происходит в результате нагревания спрессованных заготовок до высокой температуры (порядка 1000 °С и выше). Спрессованная заготовка представляет собой блок, состоящий из мелких частиц твердых углеродных материалов, связанных между собой каменноугольным пеком. Пек прочно прилипает к твердым поверхностям углеродных материалов, образуя между ними переходные слои, которые затвердевают при обжиге, превращаясь в кокс. Созданная таким образом коксовая решетка придает заготовке высокую механическую прочность, одновременно резко увеличиваются значения теплопроводности и электропроводности.

Вопрос 14. Приведите сведения о процессах, происходящих при обжиге

Ответ. При нагревании заготовок до температуры 200…250 °С происходит размягчение пека, заготовки становятся непрочными и увеличиваются в объеме. При температуре около 400 °С наблюдаются первые признаки цементации (затвердевания) изделий, но механическая прочность их еще очень низка. С подъемом температуры до 500…600 °С изделия заметно твердеют, происходит значительная усадка, увеличивается электропроводность и механическая прочность. Основная масса летучих выделяется до 600 °С, при дальнейшем повышении температуры их выделение уже незначительно. Усадка постепенно уменьшается, а прочность, твердость, плотность, электропроводность и пористость увеличиваются.

Вопрос 15. Приведите сведения об обжиге в туннельных печах

Ответ. Туннельные печи применяются для обжига мелких изделий, главным образом щеточных материалов; за рубежом их применяют для обжига крупных изделий. Обжигаемые изделия загружаются в тигли или кессоны и помещаются на вагонетки. В печах имеются зоны подогрева, обжига и охлаждения. Вагонетки движутся по рельсовому пути, навстречу им подаются дымовые газы. Максимальная температура обжига 1400 ºС, время примерно пять суток.

Вопрос 16. При обжиге в многокамерных печах …

- чем меньше размеры изделий, тем дольше время обжига
- температура заготовок, которые потом будут подвергаться графитации, составляет примерно 2000 ºС
- для предотвращения окисления заготовок применяются углеродные засыпочные материалы ✔
- температура заготовок, которые потом не будут подвергаться графитации (получение угольных изделий), составляет примерно 2500 ºС

Вопрос 17. При обжиге в туннельных печах …

- температура ниже, чем в многокамерных печах
- Максимальная температура процесса составляет примерно 700 ºС
- изделия, подвергающиеся обжигу, загружаются в тигли или кессоны ✔
- процесс происходит периодически

Вопрос 18. При графитации в печах, работающих по способу Кастнера …

- можно графитировать изделия любой формы и размеров
- главным технологическим параметром является напряжение
- время процесса меньше, чем в печах Ачесона ✔
- к источнику тока подключают несколько заготовок, причем соединение чаще всего параллельное

Вопрос 19. Назначение операции графитации

Ответ. Графитированные материалы отличаются от обожженных тем, что приобрели свои специфические свойства в результате дополнительной технологической операции – термической обработки при температуре 2200…3000 °С. Эта операция называется графитацией, потому что углеродные материалы (нефтекоксы) после нее приобретают свойства, присущие естественным графитам, в частности высокие значения тепло- и электропроводности. Основная масса графитированных материалов изготовляется на основе малозольных нефтекоксов и связующего – каменноугольного пека. В процессе графитации графитируется и вторичный кокс, образовавшийся из связующего. Этим объясняется высокая однородность графитированных материалов.

Вопрос 20. Приведите сведения о процессе графитации в печах Ачесона

Ответ. Печи Ачесона – электрические однофазные печи сопротивления прямого нагрева. В этой печи сопротивлением служит керн, состоящий из графитируемых изделий и пересыпки. Ценность этих печей заключается в том, что в сравнительно малых их объемах можно сконцентрировать огромные количества энергии и тем самым достичь очень высоких температур, примерно до 3000 °С. Токоподводящие электроды – графитированные электроды, поскольку по сравнению с угольными они допускают более высокую плотность тока. Заготовки укладываются в печь перпендикулярно ее оси.

Вопрос 21. Приведите сведения о процессе графитации в печах Кастнера

Ответ. В данной печи между двух электродов зажимается угольный стержень небольшого сечения, через который пропускается электрический ток. Стержень нагревается до высокой температуры и при этом графитируется. В настоящее время разработаны конструкции печей, в которых к источнику тока подключают несколько изделий. Печь состоит из пода (подины), двух торцевых стенок и боковых стен. В торцевых стенках заделаны токоподводящие электроды.

Вопрос 22. Приведите классификацию углеграфитовых материалов по области их применения.

Ответ. Все углеграфитовые материалы делятся на следующие классы: электродные изделия, углеродистые массы и пасты, огнеупорные материалы, электроугольные изделия, антифрикционные изделия, химически стойкие изделия, графитированные блоки и детали для атомной энергетики, углеродные волокна и углепластики, углеродные наноматериалы.

Вопрос 23. С какой целью проводят операции измельчения и классификации исходных и порошкообразных материалов?

Ответ. Данные операции проводят с целью получения строго заданных размеров зерновых материалов, из которых будут составлять шихты для различных изделий, а также для эффективного прокаливания.

Вопрос 24. В чём заключается операция классификации порошковых материалов?

Ответ. Классификация – операция разделения смеси зерен различной крупности на фракции, состоящие из зерен, более близких по размеру, чем в исходной смеси. Для классификации материал пропускают через сита с отверстиями

определенного размера.

Вопрос 25. От каких факторов зависит эффективность грохочения?
Ответ. Эффективность грохочения зависит формы зерен рассеиваемого материала и сит, о влажности исходного материала, скорости движения материла по грохоту, от угла наклона грохота и характера его движения.

Вопрос 26. Какие основные этапы приготовления массы из углесодержащего сырья?
Ответ. Основной целью процесса является равномерное распределение компонентов в массе шихты. На первом этапе смешения происходит равномерное распределение сыпучих материалов в смесителях без добавления связующего, которое достигается многократным пересыпанием ее составных частей. На втором этапе происходит добавление связующих веществ и уплотнение массы.

Вопрос 27. Проведите анализ технологий углеграфитовых материалов
Ответ. Особенностью технологии производства углеграфитовых материалов является то, что они получаются в твердом виде в печах периодического действия. Углеродистое сырье (нефтекокс) смешивается со связующим (каменноугольным пеком). Далее следует формование заготовок, их обжиг. Получение угольных изделий на этой операции заканчивается. Для получения графитированной продукции обожженные изделия подвергаются графитации в печах сопротивления.

Вопрос 28. Приведите сведения о процессе прессования выдавливанием
Ответ. При прессовании выдавливанием уплотненная масса непрерывно выдавливается из мундштука. Оно возможно только для горячих масс. При температуре массы примерно 90 ºС давление составляет 16…20 МПа. Частицы как кокса, так и антрацита имеют форму продолговатых пластинок. При данном способе прессования они располагаются преимущественно направлению выдавливания, поэтому и таких изделий высокая степень анизотропии.

Вопрос 29. Приведите сведения о процессе пропитки
Ответ. Углеграфитовые материалы имеют высокую пористость, после обжига она составляет 17…20 %, а после графитации 25…31 %. Часто это нежелательно, поэтому практикуется заполнение пор. При этом обеспечивается удовлетворительная газо- и водонепроницаемость, повышаются механические свойства. На практике пропитка обожженных изделий осуществляется в автоклавах с использованием жидкого органического соединения (обычно каменноугольного пека) с повторным обжигом.

Вопрос 30. При производстве угольных изделий
- ○ Твердым сырьевым материалом является антрацит ✔
- ○ Твердым сырьевым материалом является нефтекокс
- ○ После операции обжига следует операция графитации
- ○ Связующее не используется

Паспорт реферата

по дисциплине «Основы создания углеродных материалов», 3 семестр

1. Методика оценки

Выполнение реферата является формой текущего контроля по дисциплине, предусмотренной учебным планом.

Цель и задачи реферата: углубление и расширение теоретических знаний по методам создания и областям применения углеродных материалов и их производных. Реферирование предполагает изложение материала на основе классификации, обобщения, анализа и синтеза одного или нескольких литературных или интернет источников.

Реферат выполняется индивидуально студентом по одной из тем, приведенных в п. 4 настоящего Паспорта. Номер темы реферата определяется по порядковому номеру фамилии студента в списке группы.

Количество тем рефератов достаточно для обеспечения индивидуальной тематики для каждого обучающегося.

Замена темы осуществляется по согласованию с преподавателем из числа резервных (не занятых) тем.

Перед началом работы над темой студент должен ознакомиться с научной информацией, используя рекомендуемую литературу, а также с требованиями, предъявляемыми к оформлению реферата.

Реферат состоит из следующих частей (разделов):

1. Титульный лист.
2. Введение.
3. Содержание (оглавление).
4. Основная часть.
5. Заключение (выводы, рекомендации).
6. Список литературы и источников.
7. Приложения (при необходимости).

Заимствование материала из научных и интернет-источников сопровождается собственными комментариями студента по поводу тех или иных положений принципов, закономерностей, имеет постраничные сноски, выполненные в соответствии с библиографическими требованиями.

Требования к оформлению:

Объем реферата до 12 страниц машинописного текста формата А4. Шрифт Times New Roman, 12. Нумерация страниц сквозная, в нижней части листа по центру арабскими цифрами. Работа должна быть отредактирована, не содержать орфографических, синтаксических и стилевых ошибок.

Реферат в установленные сроки сдается на кафедру для проверки. Преподаватель оценивает качество работы, отмечает положительные стороны и недостатки работы и определяет, допускается ли она к защите. При необходимости преподаватель возвращает реферат студенту для доработки и устанавливает сроки его повторного предоставления для проверки. По всем замечаниям преподавателя студентом должны быть сделаны необходимые исправления и дополнения до защиты работы.

При положительном результате оценивания студент распечатывает реферат, передает его на кафедру и защищает до сессии в назначенное преподавателем время.

Защита реферата состоит в индивидуальном устном собеседовании студента с преподавателем. В процессе защиты выявляется уровень знаний студента, степень его самостоятельности при выполнении работы. По результатам защиты студенту выставляется оценка в соответствии с критериями, приведенными в п. 2 настоящего Паспорта.

2. Критерии оценки

Реферат выполнен **на продвинутом** уровне, если студентом обоснована актуальность темы, грамотно сформулированы цель и задачи работы; реферат выполнен самостоятельно; тема исследования раскрыта полно и непротиворечиво; студентом продемонстрировано умение работать с научной литературой и иными источниками; работа оформлена в соответствии с требованиями; сдана преподавателю в указанные сроки и не возвращалась для доработки; даны полные и развернутые выводы и рекомендации; на защите студентом кратко и логично изложены основные тезисы, даны аргументированные ответы на вопросы аудитории. Совокупность запланированных результатов и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций не содержит пробелов. Закрепленные за рефератом компетенции сформированы на продвинутом уровне. Оценка составляет *от 13 до 15 баллов.*

Реферат выполнен **на базовом** уровне, если студентом обоснована актуальность темы, грамотно сформулированы цель и задачи работы; реферат выполнен самостоятельно; тема исследования раскрыта, но имеются некоторые неточности в изложении материала; студентом продемонстрировано умение работать с научной литературой и иными источниками; работа оформлена в соответствии с требованиями; сдана преподавателю в указанные сроки и однократно возвращалась студенту для незначительной доработки; в заключении даны выводы и рекомендации; в защитной речи студент кратко и логично изложил основные тезисы, но испытывал некоторые затруднения при ответе на вопросы аудитории. Совокупность запланированных результатов и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит несущественные пробелы. Закрепленные за рефератом компетенции сформированы на базовом уровне. Оценка составляет *от 10 до 12 баллов.*

Реферат выполнен **на пороговом** уровне, если студентом осознается актуальность темы, кратко сформулированы цель и задачи работы; реферат выполнен самостоятельно; тема исследования раскрыта, но отсутствует логическая последовательность в суждениях; не выдержан объём реферата; работа оформлена в соответствии с требованиями; сдана преподавателю в указанные сроки, но неоднократно возвращалась студенту для доработки; в заключении даны краткие выводы; защита реферата вызвала у студента затруднения в части аргументации полученных выводов и умения отстаивать свою точку зрения. Совокупность запланированных результатов и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит существенные пробелы. Закрепленные за рефератом компетенции сформированы на пороговом уровне. Оценка составляет *от 7 до 9 баллов.*

Реферат считается **не выполненным** (ниже порогового уровня), если студентом не осознана актуальность темы исследования, цель и задачи работы сформулированы формально; реферат выполнен не самостоятельно, содержит принципиальные ошибки; тема исследования не раскрыта; не выдержан объём реферата; работа оформлена с нарушениями предъявляемых требований; не сдана преподавателю в указанные сроки; доработка реферата студентом не привела к его качественному улучшению; отсутствуют выводы и рекомендации. Совокупность запланированных результатов и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит множественные существенные пробелы. Закрепленные за рефератом компетенции не сформированы. Оценка составляет *менее 7 баллов*.

3. Шкала оценки

Реферат как форма текущего контроля по дисциплине считается успешно выполненной, если сумма полученных баллов составляет от 7 до 15 баллов включительно.

В общей оценке по дисциплине баллы за выполнение реферата учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы и таблицей соответствия баллов, традиционной оценки и буквенной оценки ECTS, установленными в НГТУ.

4. Примерный перечень тем рефератов

1. Терморасширенный графит и его получение.
2. Сажа (технический углерод) и ее получение.

3. Интеркалированный графит.
4. Углеродные нановолокна: синтез и свойства.
5. Углеродные волокна.
6. Обжиг углеграфитовых изделий. Основы метода.
7. Графитация углеграфитовых изделий.
8. Высокотемпературное коксование. Основы метода.
9. Коксовые печи.
10. Угли.
11. Углеродные углеродные нанотрубки: синтез и свойства.