

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 20.02.2021 21:34:30
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОВЕР НАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра фундаментальной химии и химической технологии



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
О.Г. Локтионова
_____ 2021 г.

Основы химического материаловедения

Методические указания к лабораторным работам по курсу
«Основы химического материаловедения»
для студентов направления подготовки
18.03.01 - Химическая технология

Курск 2021

УДК 620.171.3; 67.03
Составитель: С.Д. Пожидаева

Рецензент

Кандидат химических наук, доцент *Г.В. Бурых*

Основы материаловедения: Методические указания к лабораторным работам по курсу «Основы химического материаловедения» для студентов направления подготовки 18.03.01 - Химическая технология/ Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: С.Д. Пожидаева. Курск, 2021. 60 с. табл. 26. рис.15

Приведены методические указания по выполнению лабораторных работ. Приводятся рекомендации по обработке и оформлению результатов экспериментов, перечень контрольных вопросов, подготовка которых позволит приобрести теоретические знания в данной области химической практике.

Методические указания предназначены для бакалавров направления 18.03.01 - «Химическая технология».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *14.12.21*. Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. *3,3* Уч.-изд.л. *3,1* Тираж 35 экз. Заказ *188*. Бесплатно

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Содержание

	стр
Введение	4
Лабораторная работа №1. Инструктаж по технике безопасности и охране труда. Порядок обработки результатов эксперимента, оценки погрешности измерений	4
Лабораторная работа №2. Испытания механических и технологических свойств металлов и изделий из них в водно-солевых растворах в присутствии гомо- и гетерогенных окислителей	7
Лабораторная работа №3. Изучение прочности деталей, их частей и других элементов оборудования из сплавов при их контакте с подкисленными растворами окислителей при комнатных температурах	12
Лабораторная работа № 4. Определение показателей гигроскопических свойств материалов	13
Лабораторная работа №5. Влияние структуры кристаллической решетки на реакционную способность соединения	18
Лабораторная работа №6. Исследование дисперсных наполнителей для композиционных материалов	21
Лабораторная работа №7. Определение физических свойств материалов	25
Лабораторная работа №8. Определение удельной поверхности композиционного материала	32
Лабораторная работа №9. Определение химической стойкости и твердости пластмасс	33
Лабораторная работа №10. Седиментационный анализ дисперсных наполнителей для композиционных материалов	34
Лабораторная работа №11. Определение стойкости покрытий	37
Лабораторная работа №12. Определение деформационно-прочностных свойств текстильных, кожевенных материалов и резин при одноосном растяжении	40
Лабораторная работа №13. Определение химической устойчивости стеклянной тары.	46
Лабораторная работа №14. Определение адгезионных характеристик поверхности изделий из полимерных материалов с помощью липких лент	49
Лабораторная работа №15. Определение продолжительности и степени высыхания лакокрасочных материалов	51

Лабораторная работа №16. Влияние размеров композиционных материалов на свойства получаемых систем	53
Вопросы для защиты лабораторных работ	54
Библиографический список	60

Введение

Методические указания предназначены для формирования у студента представления о материалах, используемых в практике химика-технолога, а именно: общей классификации (металлических и неметаллических) и области применения; основных характеристиках и свойствах материалов, методах с целью изучения свойств и структуры разнообразных материалов.

Выполнение работ и обработка результатов помогут закрепить теоретические знания по дисциплине, в частности, запомнить основные термины и понятия материаловедения, оценки материалов, изделий и технологических процессов; приобрести навыки проведения анализа сырья, материалов и готовой продукции, проводить конструкторско-технологический выбор материала.

В методических указаниях излагаются требования к подготовке и проведению лабораторных работ, написанию отчета в плане его построения и оформления. Каждая лабораторная работа содержит описание порядка выполнения эксперимента, используемого в работе оборудования и принцип его работы, методы обработки и анализа полученных результатов работы.

Лабораторная работа №1

Инструктаж по технике безопасности и охране труда. Порядок обработки результатов эксперимента, оценки погрешности измерений

Цель работы: ознакомиться с инструктажем по технике безопасности и охране труда в лаборатории, приобрести умения определять величины на основе непосредственно измеренных в опыте величин и использования соответствующих уравнений и графиков, познакомиться с порядком обработки результатов.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с инструктажем по технике безопасности и охране труда в лаборатории.
2. Ответить на вопросы преподавателя по технике безопасности и охране труда в лаборатории.

3. После проведения инструктажа расписаться в журнале

4. Изучение правил построения таблиц, которые при оформлении лабораторных работ могут быть использованы для систематизации экспериментально полученных и расчетных величин и для установления характера зависимости между соответствующими параметрами:

4.1. Таблица должна состоять из строк и столбцов, расположенных в определенной последовательности: в первом столбце (или строке) записываются заданные величины, во втором и последующих экспериментально полученные, табличные и расчетные.

4.2. Каждый столбец (или строка) должен быть подписан с указанием величины и единиц измерения.

4.3. Если цифры, записанные в таблице, представлены как произведение двух величин, одна из которых число 10^n , то этот общий множитель выносят в обозначение столбца, и если его записывают как произведение к буквенному обозначению величины, то знак в показателе степени изменяют на противоположный.

4.4 Цифры, соответствующие заданным данным в столбце, следует записывать либо в порядке возрастания величины, либо в порядке убывания.

4.5. При записи чисел в столбце следует каждый разряд цифр записывать один под другим: десятки под десятками, единицы под единицами, десятые доли под десятыми и т. д.

5. Изучение основного назначения графиков.

При обработке результатов измерений широко пользуются графиками, которые позволяют более наглядно, чем таблицы представить взаимные связи между изучаемыми величинами и осуществлять ряд вычислительных операций, в том числе интерполяцию, экстраполяцию, дифференцирование. Графики облегчают сравнение величин, позволяют обнаружить точки перегиба, максимума или минимума, наибольшие и наименьшие скорости изменения величин и другие особенности, которые недостаточно проявляются в таблицах. При помощи графиков не только можно установить характер зависимости между измеряемыми величинами, но и установить ее математическое выражение.

Примеры использования графиков: 1) определение свойств веществ (систем) на основе характера зависимости между исследуемыми величинами; 2) количественное определение содержания вещества в смеси на основе калибровочной кривой; 3) определение констант в уравнении; 5) графическое дифференцирование.

6. Изучение правил построения графиков.

6.1. При построении графиков необходимо провести оси координат, обозначить величины, откладываемые по осям, и единицы их измерения.

6.2. Правила выбора масштаба при построении графиков

1) Разделить оси координат на равные отрезки, каждый из которых обозначить в соответствии с выбранным масштабом. Длина отрезков и их значения по осям "X" и "Y" могут не совпадать.

2) Масштаб выбрать таким, чтобы легко можно было отложить данную величину или прочесть искомую с заданной точностью. Цена деления (например, 1 клеточка на миллиметровой бумаге) масштаба должна соответствовать точности откладываемой величины.

3) Цена деления по осям "X" и "Y" может не совпадать.

4) Масштаб должен быть таким, чтобы график занимал все поле между осями координат, а линия графика шла под углом 45° . Метод интерполяции в этом случае дает наибольшую точность.

5) Чтобы график занимал все поле чертежа, иногда величины следует откладывать не от "0".

6.3. Проведение линии графика по экспериментальным точкам:

1) Линия графика не должна быть ломаной (если это не имеет место из теоретических соображений).

2) При проведении линии не обязательно, чтобы все точки легли на нее. Линию следует провести так, чтобы число точек, которые на нее не легли, и расстояние их от кривой по одну сторону равнялись числу точек и расстоянию их от кривой по другую сторону.

3) Линию графика следует проводить тонкой, но хорошо видимой.

6.4. Рекомендации к оформлению графика.

1) Все графики выполняются на миллиметровой бумаге размером в страницу листа лабораторного журнала.

2) Оси координат и линию графика рекомендуется проводить карандашом. Обозначения осей координат, масштабных отрезков и точек на поле графика - чернилами.

3) На листе, где выполнен график, должны быть указаны номер или тема работы и название графика.

4) При проведении графиков можно пользоваться правилом предварительного округления более точных данных: если некоторые данные имеют больше десятичных знаков или больше значащих цифр, чем другие, то их предварительно следует округлить, сохраняя лишь одну лишнюю цифру.

Лабораторная работа №2

Испытания механических и технологических свойств металлов и изделий из них в водно-солевых растворах в присутствии гомо- и гетерогенных окислителей

Металлы и их сплавы широко распространены в практической деятельности человека. Прежде всего, это важнейшие конструкционные материалы, из которых изготовлено оборудование и оснащение для всех без исключения сфер жизни и деятельности человека. Главная беда такого оборудования – это способность подвергаться коррозии, особенно в агрессивных средах. К этому явлению человечество привыкло и нашло весьма успешные и эффективные методы борьбы с ним: от полной изоляции до использования избирательных и высокоэффективных ингибиторов. Выработаны и определены сроки службы того или иного оборудования, где учтены не только коррозионные поражения, но и усталость металла, его старение и т.д. Эти сроки исчисляются годами, иногда десятилетиями, к чему привыкли и что никаких отрицательных эмоций у потребителей обычно не вызывает.

Но есть процессы с участием металлов и сплавов, которые протекают в 100-1000 и более раз быстрее, чем отмеченные выше процессы коррозии. При спонтанном возникновении элементы оборудования могут потерять работоспособность и выйти из строя за минуты, часы, в лучшем случае за десятки часов, что не только определяет существенные, а иногда и очень большие материальные потери, но и могут привести к далеко не безопасным ситуациям в прямом смысле слова. В большинстве случаев условия возникновения и глубокого протекания подобных процессов на данный момент времени непредсказуемы: их просто приходится искать, причем самым затратным и малопродуктивным методом простого перебора. Но вопросы безопасности такой подход делают на данный момент не только вполне оправданным и актуальным.

С другой стороны, широкое распространение металлов и их сплавов среди конструкционных и прочих обычно используемых на практике материалов приводит к большому объему постоянно выходящих из строя и требующих утилизации изделий из них. Быстрые химические процессы с участием металлов и сплавов могут стать в

основе многих технологических процессов рациональной переработки этого вторичного сырья, что на данный момент времени также важно, актуально и безусловно перспективно.

Одним из спонтанно реализуемых в виде нештатных ситуаций и перспективных для изучения вариантов быстрого разрушения металлов и сплавов является их окисление различными окислителями в водно-солевых подкисленных растворах при комнатной и близких к ней температурах.

Цель работы: на упрощенных моделях выполнить типичный инженерный эксперимент в соответствии с предложенной пооперационной схемой и ее аппаратным оформлением.

Задания:

1. Изучить особенности разрушения металлов в системах с участием двух окислителей.
2. Изучить методику оценки степени разрушения металлов в модельных условиях.
3. На упрощенных моделях выполнить типичный инженерный эксперимент в соответствии с предложенной пооперационной схемой и ее аппаратным оформлением.
4. Сделать конспект по выполнению практической работы.
5. Ответить на контрольные вопросы.

Порядок выполнения работы

1. В соответствии со схемой процесса, представленной на рисунке 1 написать порядок операций при выполнении эксперимента.

2. Получить задание, в частности данные по основным компонентам, типу реактора и особенностям эксперимента (наличие барботажа газа, присутствие солевых добавок и т.д.). Варианты загрузок в таблице 1

В состав загрузки входит:

раздробленный металл (смесь металлов), подкисляющая кислота (любая минеральная или органическая кислота в количестве 0,2-2,0 моль/кг, окислитель (пероксид водорода, йод, любое соединение меди (II) в количестве 0,2-0,5 моль/кг)

Масса загружаемого металла (сплава): $5 \div 30$, вплоть до 60-70% от массы остальной загрузки.

3. Взвесить массу металла до эксперимента, зафиксировать внешний вид и состояние.

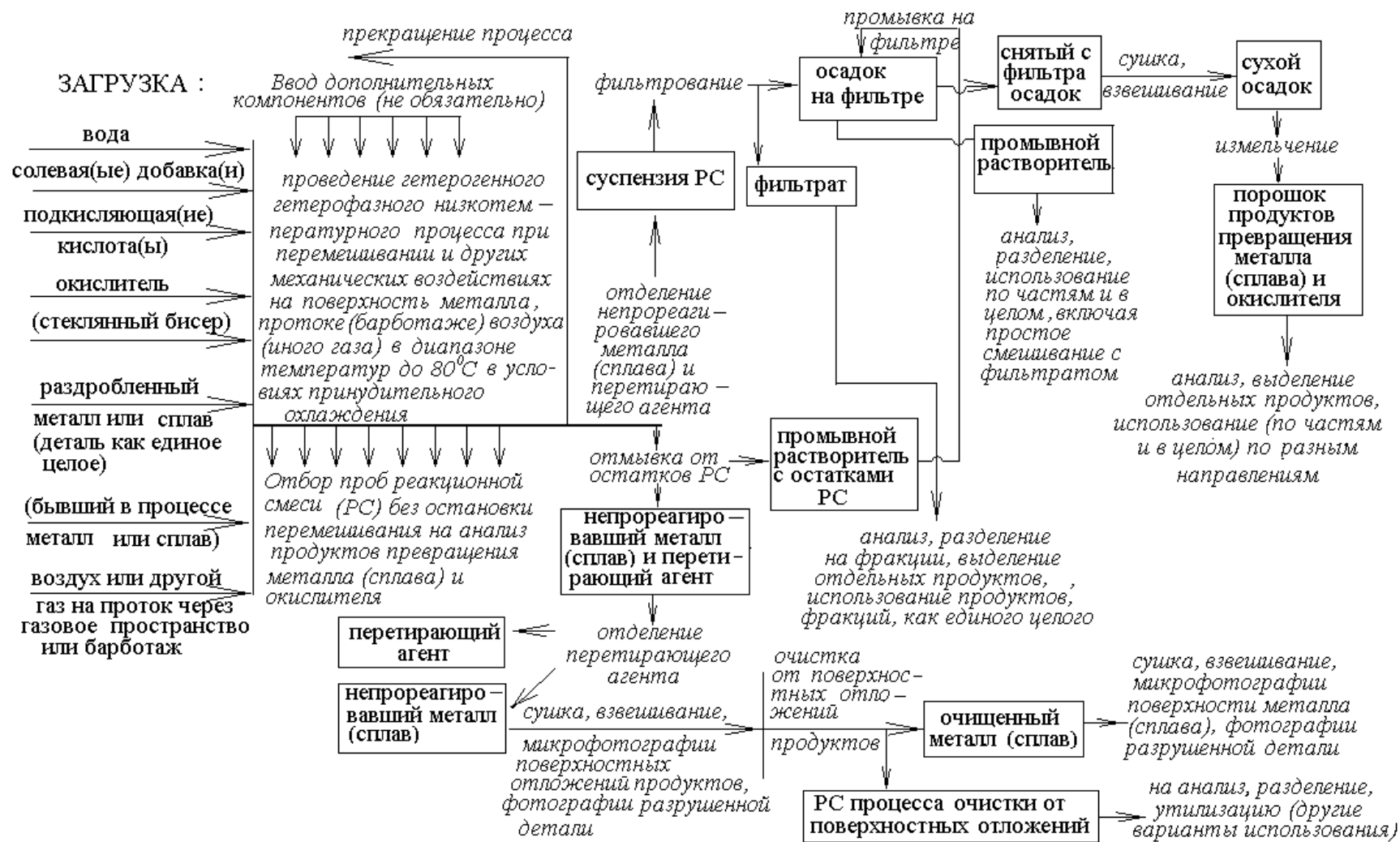


Рисунок 1 - Обобщенная пооперационная схема выявленных и в какой-то степени изученных вариантов разрушения металлов (сплавов) в спонтанно возникающих в нештатных ситуациях окислительно-восстановительных процессах

Таблица 1 – Варианты загрузок при проведении испытаний механических и технологических свойств металлов и сплавов и деталей из них

№	Металл (сплав)	Условия
1	2	3
1	медь, бронзы, латуни разных марок	<p><u>Подкисляющая кислота</u>: любая минеральная или органическая кислота в количестве 0,2-2,0 моль/кг.</p> <p><u>Окислитель</u>: любое соединение меди (II) в количестве 0,2-0,5 моль/кг.</p> <p><u>Солевая добавка</u>: отсутствует, хлориды металлов и аммония.</p> <p>Проток воздуха через газовое пространство реактора обязателен, барботаж желателен.</p> <p><u>Основной реактор</u>: бисерная мельница.</p> <p><u>Альтернативный реактор</u>: на платформе механического встряхивателя с использованием стеклянного бисера.</p> <p><u>Масса загружаемого металла (сплава)</u>: 5÷30, вплоть до 60-70% от массы остальной загрузки.</p>
2	медь (сплав) раздробленный или в виде деталей	<p><u>Вводимый окислитель</u>: оксид (соль) любого переходного металла в состоянии высшей валентности.</p> <p>Остальное по данным рецептуры варианта № 1.</p>
3	цинк реактивный гранулированный или оцинкованное железо.	<p><u>Подкисляющая кислота</u>: слабые минеральные кислоты (HF и т.д.), муравьиная, уксусная.</p> <p><u>Окислитель</u>: соединение меди (II), меди (I), а также и их смеси в любом мольном соотношении (включая и природные минералы) в количестве 0,05-0,2 моль/кг, а также кислород воздуха (проток через газовое пространство реактора, лучше барботаж).</p> <p><u>Солевая добавка</u>: NH₄Cl, лучше NH₄NO₃.</p> <p><u>Основной реактор</u>: бисерная мельница с соотношением масс бисера и основной загрузки (без металла) (1:1)÷(1,5:1). Лопасть мешалки текстолитовая или из оцинкованного железа до полной непригодности из-за разрушения (в оцинкованном железе цинк и железо часто расходуются с соизмеримыми скоростями).</p>
4	сплав с никелевым покрытием	<u>Окислитель и прочие компоненты</u> по варианту № 1.
5	никелированные изделия	<u>Окислитель и прочие компоненты</u> : по рецептуре варианта №1.
6	луженные, оцинкованные и железные поверхности	компоненты загрузки и аппаратное оформление по варианту 1

Продолжение табл. 1

1	2	3
6	алюминий и его сплавы	Слегка подкисленный водный раствор CoCl_2 без изоляции от атмосферы и в протоке CO_2 с добавкой соединений меди (II) как окислителя и без такой добавки; аппаратное оформление бисерная мельница и различные реакторы на платформе механического встряхивателя.

4. Оценить состояние металла после процесса, зафиксировать внешние изменения. Результаты внести в таблицу 2.

Таблица 2 – Изменения по ходу процесса при проведении испытаний механических и технологических свойств металлов и изделий из них в водно-солевых растворах в присутствии гомо- и гетерогенных окислителей

Загружено	
Me1	
Me2	
m_{Me1}	
m_{Me2}	
Время процесса	
Окончание процесса	
Визуальные изменения:	
Цвет металла с отложениями после процесса	
Me1	
Me2	
Масса металла с отложениями после процесса	
Me1	
Me2	
Масса металла без отложений, г	
Me1	
Me2	
Потеря массы, г	
ΔMe1	
ΔMe2	

4. Определить степень разрушения металла в условиях эксперимента.

5. Сделать вывод о влиянии присутствующих компонентов на устойчивость металлов к разрушению

Лабораторная работа №3

Изучение прочности деталей, их частей и других элементов оборудования из сплавов при их контакте с подкисленными растворами окислителей при комнатных температурах

Цель работы: на упрощенных моделях выполнить типичный эксперимент по изучению прочности деталей из сплавов в соответствии с предложенной пооперационной схемой и ее аппаратурным оформлением.

Задания:

1. Изучить особенности разрушения сплавов в системах с участием двух окислителей.
2. Изучить методику оценки степени разрушения сплавов в модельных условиях.
3. На упрощенных моделях выполнить типичный эксперимент в соответствии с предложенной пооперационной схемой и ее аппаратурным оформлением.
4. Оценить степень разрушения металлов, входящих в состав сплава
5. Сделать конспект по выполнению практической работы.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Порядок выполнения работы

Порядок выполнения работы подробно описан в лабораторной работе №2.

Рекомендации по выполнению:

а) детали можно превратить в лопасти мешалки (листовой материал) в полном смысле этого понятия, либо в какое-то импровизированное подобие лопасти, жестко крепя на связанный с двигателем или иным приводом вал из того же металла (сплава) или текстолита. Использование стеклянного бисера в большинстве случаев и возможно, и целесообразно;

б) допускается помещение детали на дно реактора при использовании интенсивного механического перемешивания лопастной мешалкой (зазор над верхней точкой детали до 1 мм, бисер отсутствует);

в) допускается помещение детали на дно реактора (пластикового) на платформе механического встряхивателя как в отсутствие, так и в присутствии стеклянного бисера.

Масса детали может превышать массу остальной загрузки с компонентами.

Комбинации компонентов загрузки представлены в таблице 1:

Лабораторная работа №4

Определение показателей гигроскопических свойств материалов

Цель работы: познакомиться с экспериментальными методами определения показателей, характеризующих способность материалов взаимодействовать с влагой.

Гигроскопические свойства материалов характеризуется влажностью, гигроскопичностью, влагоотдачей и рядом других характеристик.

Фактическая влажность W_{ϕ} , %, характеризует содержание влаги в материале при атмосферных условиях в момент испытания.

Кондиционная влажность W_K , %, характеризует влажность материала в условиях, близких к нормальным атмосферным (относительная влажность воздуха $W_e = 65 \pm 2$) %, температура $t = (20 \pm 2)$ °С). Кондиционную влажность можно подсчитать по формуле

$$W_K = (p_1 W_1 + p_2 W_2) / 100,$$

где p_1 и p_2 — содержание волокон в материале, %;

W_1, W_2 — кондиционная влажность составляющих волокон, %.

Гигроскопичность W_g , %, — способность материала сорбировать влагу из окружающей среды, имеющей относительную влажность воздуха 98 %.

Влагоотдача B_o , %, — способность материала, имеющего гигроскопическое влагосодержание, отдавать пары воды в окружающую среду с относительной влажностью воздуха 2 %.

Водопоглощение Π_v , %, — поглощение влаги при полном погружении материала в воду.

Намокаемость H , г/м², — поглощение влаги материалом за 10 мин его дождевания.

Капиллярность h , мм, — поглощение воды продольными капиллярами материала.

Влагоёмкость V , % — характеризует полное содержание влаги в материале, учитывает влагу, сорбированную из паровоздушной и жидкой среды после пребывания образца материала в воде в течение определенного времени:

$$B = 100 \cdot (m_2 - m_0) / m_0,$$

где m_2 – масса образца материала после взаимодействия с влагой в течение – 2-х, 4-х или 24-х часов.

Водопроницаемость— способность пропускать воду.

Водоупорность (водонепроницаемость)— способность сопротивляться первоначальному проникновению через него воды.

Водопроницаемость принято определять на приборах, создающих эффект действия дождевого потока, смачивающего поверхность и проникающего в виде капель воды через материал. Водопроницаемость характеризуют *коэффициентом водопроницаемости*, показывающим, какой объем воды проходит через единицу площади в единицу времени. Рассчитывают коэффициент водопроницаемости B_n , $\text{дм}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{с})$ по формуле

$$B_n = V / (S\tau),$$

где V – объем воды, прошедшей через пробу, дм^3 ;

S – площадь пробы, м^2 ;

τ – время испытания пробы, с

Показатель водопроницаемости используют для оценки гигиенических свойств и защитных функций материалов, не имеющих водоотталкивающей пропитки или покрытия.

Задание:

1. Изучить основные характеристики водопроницаемости и водоупорности материалов и факторы, влияющие на эти характеристики.
2. Изучить методы и приборы определения водопроницаемости и водоупорности текстильных материалов.
3. Сделать конспект по выполнению практической работы.
5. Ответить на контрольные вопросы.

Порядок выполнения работы

Определение проводят на образцах размером 50x50 мм для всех видов материалов. Перед испытанием образцы взвешивают на аналитических весах с точностью $\pm 0,0002$ г.

1. Определение влажности

Для испытания из точечной пробы вырезают две элементарные пробы массой 3 — 10 г; каждую пробу взвешивают на аналитических весах с погрешностью не более 0,001 г и помещают в стаканчик с

притертой пробкой для взвешивания. Пробу в открытом стаканчике высушивают в сушильном шкафу при температуре (107 ± 2) °С.

Затем стаканчик закрывают пробкой и помещают для охлаждения в эксикатор с обезвоженным хлоридом кальция, после чего взвешивают с той же погрешностью. Взвешивание проводят периодически через 15-30 мин в течение сушки до тех пор, пока разность между двумя последующими взвешиваниями не будет превышать погрешности взвешивания, т.е. до постоянной массы пробы.

Фактическую влажность, %, вычисляют по формуле

$$W_{\phi} = 100 (m_{\phi} - m_c) / m_c$$

где m_{ϕ} — масса пробы до сушки, г;

m_c — постоянная масса пробы после сушки, г.

2. Определение гигроскопичности и влагоотдачи

При необходимости можно использовать одновременно одни и те же элементарные пробы размером 50 x 200 мм.

Открытые стаканчики с пробами выдерживают в течение 4 ч в эксикаторе с водой, в котором предварительно установлена и поддерживается относительная влажность воздуха, равная (98 ± 1) %. Затем стаканчики закрывают пробкой, вынимают из эксикатора и взвешивают с погрешностью до 0,001 г.

Открытые стаканчики с пробами помещают в сушильный шкаф, высушивают до постоянной массы при температуре (107 ± 2) °С, охлаждают в эксикаторе с обезвоженным хлоридом кальция и взвешивают с той же погрешностью.

Стаканчики с пробами, предварительно выдержанные 4 ч в эксикаторе с водой, помещают на 4 ч в эксикатор с серной кислотой, в котором относительная влажность воздуха равна (2 ± 1) %. Затем стаканчики закрывают пробками, вынимают из эксикатора и взвешивают с погрешностью до 0,001 г. После этого пробы по указанной выше методике высушивают в сушильном шкафу до постоянной массы, охлаждают и вновь взвешивают.

Гигроскопичность, %, вычисляют по формуле

$$W_z = 100(m_B - m_c) / m_c,$$

где m_c — масса пробы после выдерживания в эксикаторе с водой
масса пробы после сушки в сушильном шкафу, г.

Влагоотдачу, %, вычисляют по формуле

$$B_0 = 100(m_B - m_{c.k.}) / (m_B - m_c),$$

где $m_{с.к}$ — масса пробы после выдерживания в эксикаторе с серной кислотой, г.

3. Определение водопоглощения

Пробу материала накалывают на крючок из нержавеющей стали; грузом массой 10 г и погружают в сосуд с дистиллированной водой. Время выдерживания пробы в воде устанавливают в зависимости от вида материала (табл. 3, 4):

Таблица 3 – Время выдерживания пробы разной природы

Материал	Продолжительность испытания	
	T= 23±2°C	кипящей воде
Хлопчатобумажные ткани	1 мин	
Х/б ткани с водоотталкивающей пропиткой; остальные ткани	(60±1) мин	
Полимерные материалы	24± 1 ч	30±1 мин
Композитные полимерные материалы	24± 1 ч	30 сут при T = 70±3°C
Твердые пористые материалы	48± 1 ч	4 часа

Таблица 4 - Время выдерживания пробы картона при определении водопоглощения (в секундах)

Продолжительность испытания	Обозначение	Продолжительность контакта испытуемого образца с водой	Время, по истечении которого начинают промокание
10	Кобб ₁₀	5± 1	10 ±1
30	Кобб ₃₀	20 ± 1	30 ± 1
60	Кобб ₆₀	45 ±1	60 ±2
120	Кобб ₁₂₀	105±2	120 ±2
300	Кобб ₃₀₀	285 ±2	300 ±2
1800	Кобб ₁₈₀₀	1785 до 1815	

Затем пробу вынимают из сосуда, помещают между тремя слоями фильтровальной бумаги и прокатывают валиком массой 1000 г, удаляя излишки влаги. После этого пробу помещают в стаканчик и взвешивают с той же погрешностью.

Водопоглощение, %, определяют по формуле

$$B_n = 100 (m_B - m_c) / m_c$$

4. Определение намокаемости

Образец материала полностью погружают в дистиллированную воду (табл. 5). После пребывания образцов в воде, их вынимают,

фильтровальной бумагой удаляют с поверхности образца капли воды и определяют массу (m_2) для вычисления H по формуле

$$H = (m_d - m_k) / S,$$

где m_d — масса пробы после пребывания в воде, г;

m_k — масса пробы после сушки и выдерживания в нормальных атмосферных условиях, г;

S — площадь пробы, m^2 .

Таблица 5 – Время выдерживания в воде

Материал	Плотность материала, г/см ²	Продолжительность, мин
Кожа		120
Искусственные мягкие и жёсткие кожи		
Хлопчатобумажные ткани	менее 500	1
Х/б и льняные ткани	более 500	10
Шерстяные ткани		60

Для сокращения времени проведения испытания можно взвесить пробу до дождевания, пересчитать ее массу на площадь квадрата 100×100 мм и, зная волокнистый состав и кондиционную влажность составляющих волокон, определить кондиционную массу пробы m_k .

5. Определение капиллярности

Вырезают элементарные пробы размером 50×300 мм в долевом и поперечном направлениях. Пробу накалывают на иглы горизонтально расположенной планки. Нижний конец пробы пропускают между двумя стеклянными палочками длиной 60 мм и диаметром 2,5 и 6 мм, масса которых соответственно равна 2 и 10 г. Концы палочек скреплены резиновыми колечками. Нижний конец пробы опускают в сосуд с раствором двуххромовокислого калия или эозина таким образом, чтобы он покрыл стеклянные палочки (рис. 2).

Через каждые 10 мин по расположенной рядом линейке измеряют высоту подъема жидкости по пробе в течение 1 ч. По полученным данным строят график зависимости высоты подъема от времени испытания, который характеризует процесс капиллярного поглощения влаги испытываемым материалом.

Капиллярность оценивается высотой h , мм, подъема жидкости в пробе в течение 1 ч. Если граница подъема жидкости размыта, то

результат измерения принимают как среднее значение верхней и нижней границы подъема.

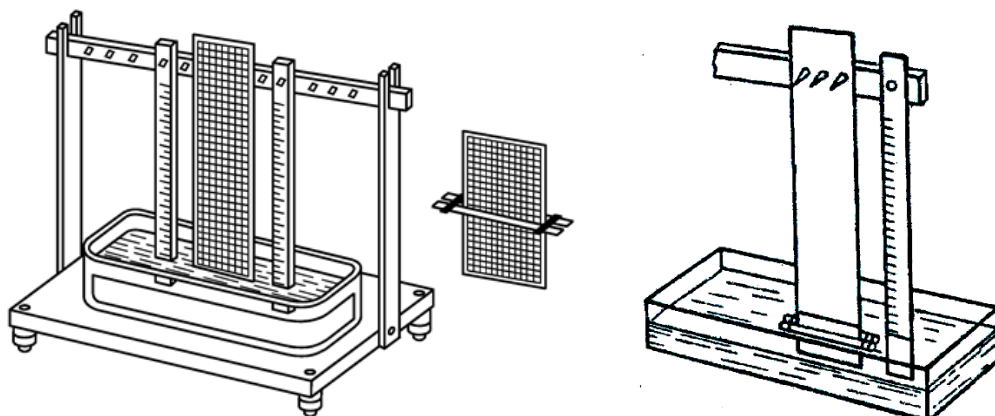


Рисунок 2 – Схемы установок для определения капиллярности

В отчете должны быть представлены результаты определения показателей гигроскопических свойств материалов, график капиллярного впитывания влаги и выводы по анализу результатов.

Лабораторная работа №5

Влияние структуры кристаллической решетки на реакционную способность соединения

Цель работы: оценить влияние структуры кристаллической решетки оксида металла на его реакционную способность

Задание:

1. Изучить основные типы кристаллических решеток.
2. Изучить методы определения влияния структуры кристаллической решетки на реакционную способность соединения.
3. Сделать конспект по выполнению практической работы.
5. Ответить на контрольные вопросы.

Порядок выполнения работы

1. Выполнить однотипные эксперименты с участием соединений, различающихся структурой кристаллической решетки. Для выбранного процесса рассчитать загрузку компонентов, выбрать критерий оценки реакционной способности, провести процесс и оценить реакционную способность на основании выбранного критерия оценки (выход продукта, степень превращения исходного реагента,

время процесса, время достижения максимальной степени превращения реагента и др.). для записи результатов использовать форму, приведенную на рисунке 3.

Форма для записи

Дата:

Опыт №

Масса оставшей загрузки _____ Г

Растворитель _____ Г
(природа)

Кислота _____ Г (для водных растворов концентрации вводимой кислоты ... моль/кг)
(природа) _____ моль/кг

Стимулирующая добавка _____ Г
(природа) _____ моль/кг

Другие особенности загрузки:

Контроль хода протекания

Время		анализ			примечание
час	мин	$m_{пр}$, Г	V, мл	$X_{Me^{2+}}$, моль/кг	

Переработка конечной РС:

Масса фильтрата _____ Г

Содержание продукта в фильтрате _____ моль/кг

Результаты анализа твердой фазы:

Масса мокрого осадка _____ Г

Масса сухого осадка _____ Г

Эквивалент _____

Содержание основного продукта _____ моль/кг

Степень превращения реагента в недостатке

Селективность по целевому продукту

Рисунок 3 - Форма для записи результатов экспериментов

2. Определить, используя справочные данные, тип структуры кристаллической решетки для использованных в работе соединения и построить диаграмму, позволяющую оценить влияние структуры кристаллической решетки оксида металла на его реакционную способность в данных условиях.

Примечание

1) для эксперимента можно использовать данные, представленные в таблице 6.

Таблица 6 – Исходные данные для эксперимента

оксид			кислота				m _{загр} , Г
природа	M, г/моль	m, г	природа	X, моль/кг	C, %	m, г	
Co ₂ O ₃	165,5	0,83	HCl	0,84	30	2,56	25
Co ₃ O ₄	240,8	1,20		0,63		1,92	
PbO	223	1,12		0,42		1,28	
Pb ₃ O ₄	239	1,20		0,63		1,92	
MnO	71	0,36		0,42		1,28	
MnO ₂	87	0,44		0,42		1,28	
Mn ₂ O ₃	158	0,79		0,63		1,92	
Mn ₃ O ₄	229	1,15		0,63		1,92	

2) методики для выполнения эксперимента.

Трилометрическое определение соединений кобальта (II) основано на том, что к пробе массой 0,2-0,3 г прибавляли несколько капель раствора аммиака (~1M). Затем вносили щепотку индикатора, в качестве которого выступал мурексид (готовят индикатор: мурексид 0,25 г тонко растирают с 25 г хлорида натрия и хранят в посуде из темного стекла с притертой пробкой.).

После чего раствор окрашивается в желто-оранжевый цвет, который после титрования ЭДТА переходит из желтого в фиолетовый.

Трилометрическое определение соединений марганца (II)

В колбу для титрования вносят пробу реакционной смеси в количестве 0,5-1 г прибавляют 5 мл аммиачно-тартратного раствора, щепотку аскорбиновой кислоты, содержимое тщательно перемешивают, давая возможность пробе распределиться по всему объему, а аскорбиновой кислоте раствориться, вводят эриохром черный Т в качестве индикатора и проводят титрование 0,05 моль/л раствором трилона Б до изменения окраски от одной капли. Расчет содержания соединений Mn²⁺ в пробах ведут по формуле:

$$C_{Mn^{2+}} = \frac{C_{mp} \cdot V_{mp}}{m_{pc}} \text{ (МОЛЬ/КГ),}$$

где C_{Tr} и V_{mp} – концентрация раствора трилона Б (в моль/л) и объем этого раствора, пошедший на титрование пробы реакционной смеси массой m_{pc} .

При трилонометрическом определении соединений свинца (II) в колбу для титрования вводят 5-10 дистиллированной воды, 5 мл аммиачно-тарtratного буфера, тщательно перемешивают (колба закрыта пробкой), прибавляют индикатор и проводят титрование раствором трилона Б до перехода окраски из розовой в синюю.

Расчет ведут по формуле:

$$X_{PbA_2} = \frac{V_T \cdot M_T}{m_{pc}},$$

где X_{PbA_2} – содержание соли свинца в пробе реакционной смеси, моль/кг;

V_T – количество мл трилона Б, пошедшее на титрование;

M_T – концентрация раствора трилона Б, моль/л;

m_{pc} – масса пробы реакционной смеси, г

Аммиачно-тарtratную среду готовят следующим образом. Растворяют 0,187 моль винной кислоты (28,1 г) в 100 мл воды. Вводят концентрированный раствор аммиака.

Полученный раствор для использования в качестве буферного раствора разбавляют водой в соотношении 2:8 и измеряют величину рН полученной аммиачно-тарtratной среды.

Лабораторная работа №6

Исследование дисперсных наполнителей для композиционных материалов

Цель работы: определить основные геометрические характеристики и гранулометрический состав дисперсных наполнителей

Задание:

1. Изучить виды дисперсных наполнителей.
2. Изучить методы определения основных характеристик дисперсных наполнителей.
3. Сделать конспект по выполнению практической работы.
5. Ответить на контрольные вопросы.

Порядок выполнения работы

1. Для определения геометрических размеров и формы частиц коротковолокнистых наполнителей небольшое количество наполнителя (древесные опилки, волокна льна) распределяют равномерно на плоской поверхности. Для замеров применяют штангенциркуль или микрометр, для очень малых частиц ($<0,1$ мм) замеры проводят при помощи микроскопа.

Для определения формы и размеров частиц порошковых наполнителей небольшое количество помещают на предметное стекло, предварительно смоченное водой, и сверху закрывают вторым предметным стеклом. Добиваются распределения наполнителя и отделения частицы от частицы. Образец устанавливают на предметный столик микроскопа. Подбирают соответствующее увеличение и резкость. Определяют и зарисовывают форму частиц (рис. 4). Определяют основные размеры частиц и рассчитывают диаметр эквивалентной сферы. Результаты исследований заносят в таблицу 6.

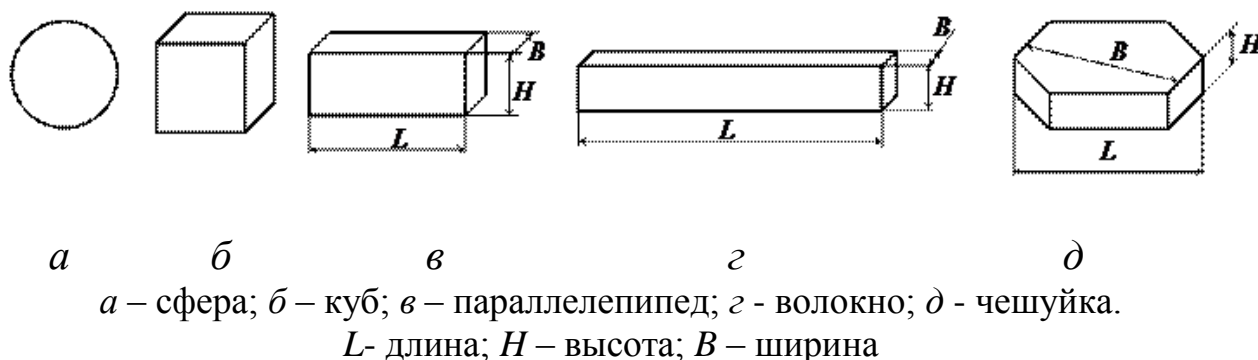


Рисунок 4 - Вид и основные размеры частиц наполнителя

Таблица 7 – Основные размеры частиц

№	Материал	Размеры частиц, мм			Форма частиц	Диаметр эквивалентной сферы
		Длина	Ширина	Толщина		
1						
...						

2. Для изучения гранулометрического состава дисперсных наполнителей строят зависимость распределения степени разделения D (рис. 5, *a*) и зависимость относительного содержания фракции dD (рис. 5, *б*) от размера частиц δ .

Для этого на верхнее сито (с самым большим размером ячейки) насыпают взвешенный на технических весах исследуемый материал

(не менее 100 г) и закрывают крышку. Путем встряхивания, вибрации или другими способами материал разделяют на фракции. При ручном методе просев проводят в течение 20 мин. Просев можно заканчивать, если остаток на сите уменьшается не более чем на 0,2% в течение 2 мин.

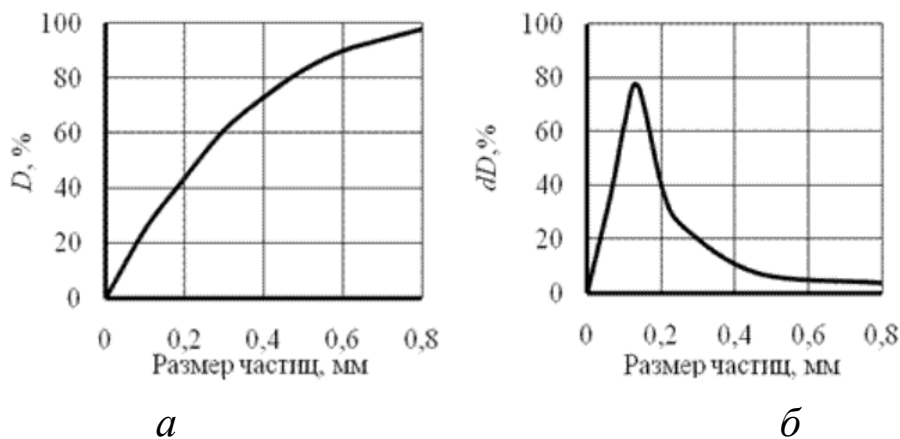


Рисунок 5 – Вид функции распределения от размера частиц δ степени разделения D (а) и относительного содержания фракции dD (б)

Функция D определяется как отношение массы частиц, размер которых меньше δ к общей массе материала и выражается в процентах или долях единицы.

Функция dD определяется как отношение массы частиц каждой фракции к общей массе материала и выражается в процентах или долях единицы.

После окончания просева путем взвешивания определяют массу материала на каждом сите (фракцию) и на поддоне Δm . Суммарная масса всех фракций не должна отличаться от массы исходной навески m более чем на 2%. Потери при просеве необходимо разнести по всем анализируемым фракциям пропорционально их массам.

Массу частиц материала выражают в процентах к исходному количеству порошка – ΔD . По размеру отверстий сит определяют средний размер частиц каждой фракции.

Промежуточные и конечные результаты исследования заносят в таблицу 8.

3. Определение влаги в дисперсных наполнителях может быть определено по изменению массы наполнителя до и после высушивания его в термошкафу при заданных температурах и времени.

Для этого в чистый, предварительно взвешенный бюкс (или тигель) помещают примерно 5 г испытуемого материала и взвешивают

на аналитических весах с точностью до 0,001 г. Открытый бюкс помещают в термошкаф и выдерживают в течение 30 мин при температуре $80 \pm 2^\circ\text{C}$. После этого открытый бюкс переносят в эксикатор для охлаждения материала до комнатной температуры. Затем бюкс закрывают и вторично взвешивают вместе с материалом.

Таблица 8 – Таблица для записи промежуточных и конечных результатов исследования

Размер ячеек сита, мкм	Граничные размеры частиц фракций, мкм	Величина фракции без учета потерь при расसेве	
		Δm , г	ΔR , %
...			
Потеря при рассеве			
Навеска m , г			

Относительное содержание влаги и других летучих веществ X , %, рассчитывают по формуле

$$X = \frac{M_1 - M_2}{M_1 - M} \cdot 100\%$$

где M_1 , M_2 – масса бюкса с материалом до и после удаления летучих соответственно, г;

M – масса бюкса, г.

За результат испытаний принимают среднее арифметическое значение не менее трех измерений. Промежуточные и конечные результаты исследования заносят в таблицу 9.

Таблица 9 – Таблица для записи промежуточных и конечных результатов исследования

№ образца	Материал	M , г	M_1 , г	M_2 , г	X , %
1					

4. Определение объемных характеристик дисперсных наполнителей. Для определения насыпной плотности взвешивают порошковый материал m , засыпают навеску в мерный цилиндр емкостью 100 мл и уплотняют, слегка постукивая о стол. Измеряют объем V , занимаемый материалом в цилиндре, и рассчитывают насыпную плотность $\rho_{\text{нас}}$ и удельный объем $V_{\text{уд}}$ по формулам:

$$\rho_{\text{нас}} = \frac{m}{V}$$

$$V_{\text{уд}} = \frac{1}{\rho_{\text{нас}}}$$

За окончательный результат принимают среднеарифметическое значение трех измерений.

Максимальную объемную долю частиц наполнителя, характеризующую максимально возможную степень наполнения данным порошком, рассчитывают по формуле

$$\varphi = \frac{\rho_{\text{нас}}}{\rho_{\text{И}}}$$

где φ - объемная доля порошка;

$\rho_{\text{нас}}$ – насыпная плотность материала, г/см³;

$\rho_{\text{И}}$ - истинная плотность материала, г/см³ (берут из справочника).

За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение результатов трех измерений. Промежуточные и конечные результаты исследования заносят в таблицу 10.

Таблица 10 – Таблица для записи промежуточных и конечных результатов исследования

№ образца	материал	m , г	V , см ³	$\rho_{\text{нас}}$, Г/см ³	$V_{\text{уд}}$, см ³ /Г	φ
1						

Лабораторная работа №7

Определение физических свойств материалов

Цель работы: изучить методики и порядок определения показателей основных физических свойств материалов.

Задание:

1. Изучить параметры физического состояния материала.
2. Изучить методы определения ряда основных физических характеристик материалов.
3. Сделать конспект по выполнению практической работы.
5. Ответить на контрольные вопросы.

Порядок выполнения работы

1. Определение истинной плотности материала

Истинная плотность – это масса единицы объема материала в абсолютно плотном состоянии (без пор и пустот). Истинную плотность

материала определяют делением его массы (m) на объем в абсолютно плотном состоянии (объем твердой фазы – $V_{ТФ}$) ($г/см^3$ или $кг/м^3$)

$$\rho = \frac{m}{V_{ТФ}}$$

Абсолютный объем материала определяется по методу вытесненной инертной жидкости. Для этого пробу материала предварительно высушивают при температуре $105\text{ }^{\circ}C$ до постоянной массы и измельчают до полного прохождения через сито № 0,063. Истинную плотность определяют с помощью мерного цилиндра, пикнометра или прибора Ле-Шателье.

1.1. Определения истинной плотности с помощью мерного цилиндра

Цилиндр, примерно, до половины высоты шкалы, заполняют инертной жидкостью и определяют ее объем. Отвешивают 100 г порошка, засыпают его в цилиндр, определяют объем жидкости с порошком. Истинную плотность материала вычисляют по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V_2 - V_1}$$

где m масса порошка, г;

V_1 объем жидкости, $см^3$;

V_2 объем жидкости и порошка, $см^3$.

Результаты заносят в табл.11.

Таблица 11 – Таблица для записи результатов исследования

№	Масса порошка m , г	объем жидкости		Истинная плотность ρ , $г/см^3$		
		V_1	V_2	полученное значение	среднее	по справочнику
1						

1.2. Определения истинной плотности с помощью прибора Ле-Шателье

Прибор (рис. 6) наполняют инертной жидкостью до нулевой отметки по нижнему мениску.

Отвешивают 70 г порошка и засыпают его в прибор до тех пор, пока уровень жидкости не поднимется до любого деления в пределах градуированной части прибора выше компенсатора. Остаток порошка взвешивают. Истинная плотность вычисляется по формуле

$$\rho = \frac{m - m_1}{V}$$

где m масса первоначальной навески порошка, г;

m_1 масса остатка от первоначальной навески, г;

V объем порошка, см^3 .

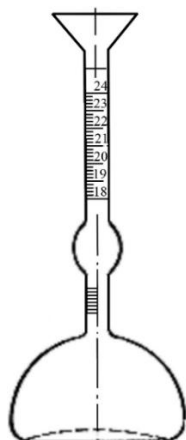


Рисунок 6 – Прибор Ле-Шателье для определения истинной плотности

Для определения плотности проводят не менее 2х испытаний и вычисляют среднее арифметическое из полученных результатов. Результаты эксперимента заносят в табл. 12.

Таблица 12 – Таблица для записи результатов исследования

№	Объем порошка V , см^3	Масса навески порошка m , г		Истинная плотность ρ , $\text{г}/\text{см}^3$		
		начальной	остатка	полученное значение	среднее	по справочнику
1						

1.3. Определения истинной плотности с помощью пикнометра

Навеску порошка материала массой 10...15 г высыпают в предварительно взвешенный пикнометр. Пикнометр взвешивают вместе с навеской, заполняют инертной жидкостью до метки и вновь взвешивают. Затем пикнометр освобождают от содержимого, промывают, заполняют до метки жидкостью и взвешивают.

Истинную плотность материала вычисляют по формуле:

$$\rho = \frac{(m_2 - m_1)\rho_{\text{жид}}}{(m_4 - m_1) \cdot (m_3 - m_2)}, \text{ г}/\text{см}^3$$

где m_1 масса пикнометра, г;

m_2 масса пикнометра с навеской, г;

m_3 масса пикнометра с навеской и жидкостью, г;

m_4 масса пикнометра с жидкостью, г;

$\rho_{\text{жид}}$ – плотность инертной жидкости, $\text{г}/\text{см}^3$

Результаты эксперимента заносят в табл. 13.

2. Определение средней плотности

Средняя плотность – это масса единицы объема материала в естественном состоянии. Среднюю плотность материала определяют отношением массы (m) материала ко всему занимаемому им объему ($V_{\text{мат}}$), включая имеющиеся в них пустоты и поры ($V_{\text{пор}}$), и рассчитывают по формуле

$$\rho_T = \frac{m}{V_{\text{мат}}} = \frac{m}{V_{\text{тф}} + V_{\text{пор}}}, \text{ г/см}^3$$

Таблица 13 – Таблица для записи результатов исследования

№	Масса пикнометра, г				Истинная плотность ρ , г/см ³		
	пустого m_1	с навеской m_2	с навеской и жидкостью m_3	с жидко- стью m_4	полученное значение	сред- нее	по спра- вочнику

Средняя плотность находится в обратной зависимости от пористости материала. Среднюю плотность материалов определяют на изделиях или образцах правильной и неправильной формы в состоянии естественной влажности, в воздушно-сухом и сухом состоянии.

Требования к образцам:

1) образцы правильной геометрической формы в виде куба, параллелепипеда или цилиндра должны иметь размер по наименьшему измерению не менее 50 мм;

2) образцы неправильной геометрической формы должны иметь массу не менее 300 г каждый;

3) среднюю плотность пустотелых изделий определяют на целых изделиях без вычета пустот не менее чем на трех образцах.

2.1. Определение средней плотности образцов правильной геометрической формы

Размеры образцов определяют металлической линейкой или штангенциркулем, вычисляют объем. Затем взвешиванием определяют массу образцов. Результаты заносят в таблицу 14.

Среднюю плотность материала вычисляют по формуле

$$\rho_T = \frac{m}{V_{\text{мат}}}, \text{ г/см}^3$$

где m масса образца, г;

$V_{\text{мат}}$ объем образца в естественном состоянии, см³;

2.2. Определение средней плотности образцов неправильной формы

Опыт осуществляется с помощью гидростатического взвешивания (рис. 7). Предварительно взвешенный образец покрывают пленкой из парафина. Затем образец охлаждают и взвешивают, сначала на воздухе, затем на гидростатических весах в воде (рис. 7).

Таблица 14 – Таблица для записи результатов исследования

№	Масса образца m , г	Размеры образца, см	Объем образца V , см ³	Средняя плотность ρ , г/см ³		
				полученное значение	среднее	по справочнику

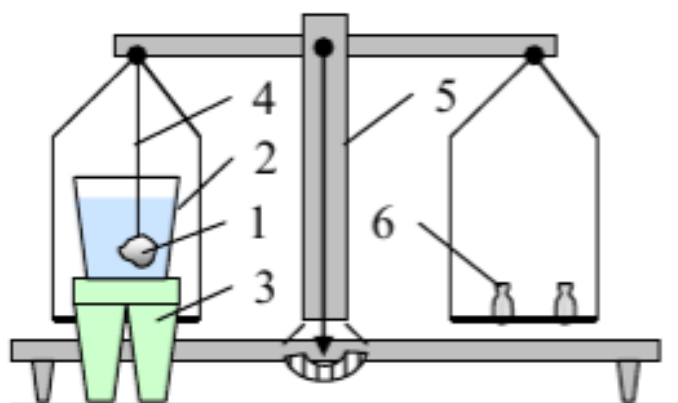


Рисунок 7 – Установка для гидростатического взвешивания:

1 – парафиновый образец; 2 – стакан с водой, 3 – полка; 4 – проволока; 5 – весы технические; 6 – гири

Среднюю плотность материала вычисляют по формуле:

$$\rho_{\text{ТВ}} = \frac{m}{\frac{(m_1 - m_2)}{\rho_{\text{воды}}} + \frac{(m_1 - m)}{\rho_{\text{параф}}}}, \text{ г/см}^3$$

где $\rho_{\text{воды}}$ плотность воды, 1 г/см³;

$\rho_{\text{параф}}$ плотность парафина, 0,93 г/см³;

m масса образца, г;

m_1 масса парафинированного образца на воздухе, г;

m_2 масса парафинированного образца в воде, г;

$m_1 - m_2$ потеря массы в воде, равная вытесненной воды, г.

Результаты определения средней плотности материала заносят в табл. 15.

Таблица 15 – Таблица для записи результатов исследования

№	Масса, г			Средняя плотность ρ , г/см ³		
	образца m	парафинированного образца на воздухе, m_1	парафинированного образца в воде, m_2	полученное значение	среднее	по справочнику
...						

3 Определение насыпной плотности

Насыпная плотность – это масса единицы объема материала в рыхло-насыпном состоянии. Насыпную плотность материала определяют отношением массы (m) зернистого материала ко всему занимаемому им объему ($V_{\text{мат}}$), включая имеющиеся в нем поры ($V_{\text{пор}}$) и межзерновые пустоты ($V_{\text{пуст}}$), и рассчитывают по формуле

$$\rho_{\text{н}} = \frac{m}{V_{\text{мат}}} = \frac{m}{V_{\text{ТФ}} + V_{\text{пор}} + V_{\text{пуст}}}, \text{ г/см}^3$$

Сущность испытания заключается в заполнении мерного сосуда рыхлозернистым материалом.

В зависимости от крупности частиц материала используют сосуды различной вместимости. Если размер частиц материала составляет 0...5 мм, то объем сосуда должен быть 1...2 л, если размер частиц 5...40 мм, то объем сосуда – 10 л, и если размер частиц более 40 мм, то объем сосуда 20 л.

Насыпную плотность сыпучих материалов (песок, цемент и др.) определяют с помощью воронки в виде конуса с заслонкой в нижней части (рис. 8).

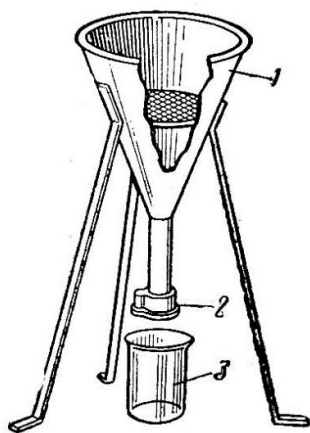


Рисунок 8 – Установка для определения насыпной плотности:

- 1 – воронка; 2 – задвижка;
- 3 – приемная емкость

Под воронку ставят заранее взвешенный мерный сосуд емкостью 1 л. В воронку засыпают сухой материал, открывают заслонку и с высоты 10 см заполняют сосуд с избытком. Металлической линейкой срезают излишек материала вровень с краями сосуда (без уплотнения) и взвешивают.

Насыпную плотность материала вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{(m_2 - m_1)}{V}, \text{ г/см}^3$$

m_1 масса сосуда, г;

m_2 масса сосуда с материалом, г;

V – объем сосуда, мл

Результаты определения насыпной плотности заносят в табл. 16.

Таблица 16 – Таблица для записи результатов исследования

№	Масса, г		Объем сосуда V , см^3	Средняя плотность ρ , $\text{г}/\text{см}^3$		
	сосуда, m_1	сосуда с материалом, m_1		полученное значение	среднее	по справочнику

4. Определение пористости материала

Пористость - это степень заполнения материала порами

$$\Pi = \frac{V_{\text{пор}}}{V_{\text{мат}}} \cdot 100\%$$

Различают полную, открытую и закрытую пористости. Полная пористость (Π) включает в себя открытую (Π_0) и закрытую пористости (Π_3). Открытыми считаются поры, которые при помещении материала в воду заполняются ею, закрытыми – которые не заполняются водой.

Полную пористость рассчитывают по формуле

$$\Pi = \left(1 - \frac{\rho_{\text{T}}}{\rho}\right) \cdot 100\%$$

где ρ истинная плотность материала, $\text{г}/\text{см}^3$;

ρ_{T} средняя плотность материала, $\text{г}/\text{см}^3$.

Открытую пористость можно приближенно определить по величине водопоглощения по объему:

$$\Pi_0 \approx V_v.$$

Закрытую (замкнутую) пористость в процентах определяют по формуле

$$\Pi_3 = \Pi - \Pi_0.$$

Лабораторная работа №8

Определение удельной поверхности композиционного материала

Цель работы: познакомиться с экспериментальными методами определения поверхности пористого композиционного материала путем построения изотермы адсорбции реагентов из водных растворов

Задание:

1. Изучить экспериментальный метод определения удельной поверхности.
2. Сделать конспект по выполнению практической работы.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Порядок выполнения работы

1. Приготовить серию растворов различной концентрации (7-8 растворов объемом по 50 мл) в сухих пронумерованных колбах. Значения концентраций внести в таблицу 17.

2. Взвесить равные композиционного материала и поместить их в исследуемые растворы.

3. Выдержать при интенсивном перемешивании для достижения адсорбционного равновесия.

4. Отделить материал от раствора путем фильтрования.

5. Определить концентрацию раствора после адсорбции. Экспериментальные данные в таблицу 17.

Таблица 17 – Результаты исследования адсорбции из растворов на поверхности композиционного материала

№	[C] ₀ , г/л	[C] _p , г/л	A, моль/кг	C/A

6. Рассчитать адсорбцию растворенного вещества на поверхности твердых тел A по формуле

$$A = \frac{C_0 - C_p}{m} \quad (1)$$

7. Построить изотерму адсорбции $A = f([C])$ и определить предельную адсорбцию A_∞ (1/м²).

9. Удельную поверхность можно рассчитать по формуле

$$S_{уд} = S_0 \cdot \Gamma_\infty \cdot N_A.$$

где S_0 – площадь, занимаемая одной молекулой, равна $20,5 \cdot 10^{-20}$ м² для жирных кислот, для всех спиртов будет также одинакова и равна $0,213$ нм², или $21,3 \cdot 10^{-20}$ м², для сложных эфиров — $22 \cdot 10^{-20}$ м², площадь молекулы красителя $1,38 \cdot 10^{-18}$ - $1,90 \cdot 10^{-18}$ м²

Лабораторная работа №9

Определение химической стойкости и твердости пластмасс

Цель работы: ознакомиться с методами определения химической стойкости пластмасс; изучить поведение различных пластмасс в органических растворителях, агрессивных химических и бытовых

средах; охарактеризовать твердость пластмасс по минералогической шкале Мооса.

Задание:

1. Изучить экспериментальный метод определения химической стойкости пластмасс.
2. Познакомиться с методами определения твердости пластмасс по минералогической шкале Мооса
3. Сделать конспект по выполнению практической работы.
4. Ответить на контрольные вопросы.

Порядок выполнения работы

1. Образцы пластмасс помещаются в пробирки с соответствующим реагентом (к растворителям, растворам кислот и щелочей (концентрированным и разбавленным), бытовым химическим средам (мыльно-содовому раствору, уксусному раствору)) и выдерживаются в них в течение двух часов при комнатной температуре, периодическом перемешивании стеклянной палочкой или встряхивании. По окончании выдержки осторожно сливают реагент, встряхивают содержимое пробирок на керамическую пластинку и при внешнем осмотре образцов устанавливают изменения: растворение, набухание, изменение характера поверхности, вымывание пластификатора, изменение цвета и др. Полученные результаты дают только ориентировочное представление о химической стойкости пластмасс.

Точные данные о химической стойкости получают при испытании образцов стандартных размеров по изменению веса, размеров, физико-механических свойств в условиях, установленных соответствующими стандартами.

2. Для определения твердости пластмасс пользуются минералогической шкалой твердости (шкала Мооса), состоящей из набора эталонных минералов, подобранных таким образом, что каждый из них при нажиме оставляет царапину на предыдущем и, в свою очередь, чертится последующим.

Метод определения твердости с использованием минералогической шкалы отличается доступностью, простотой, быстротой, но дает результаты невысокой точности. Тем не менее, этот метод позволяет охарактеризовать сравнительную твердость пластмасс.

Шкала состоит из 10 минералов (тальк, гипс, кальцит, плавиковый шпат, апатит, полевой шпат, кварц, топаз, корунд, алмаз), которым соответственно присвоены номера от 1 до 10.

При испытании острым углом одного из минералов со средним нажимом проводят по поверхности испытуемой пластмассы и наблюдают за образованием царапины. Если царапины нет, то рядом наносят черту более твердым материалом до получения видимой невооруженным глазом царапины, не стирающейся пальцем.

Твердость пластмассы обозначают порядковым номером минерала, оставившего след на поверхности.

Для проведения испытания используют те виды пластмасс, которые изучались в предыдущей работе. В качестве реагентов применяют растворители: спирты, кетоны, хлорированные, ароматические, алифатические углеводороды, сложные эфиры, а также концентрированные и разбавленные кислоты (серная и уксусная), щелочи (едкий натр), мыльно-содовый раствор.

Отчет оформляется в виде таблицы 18, где отмечаются все изменения, которые произошли с образцами пластмасс: Р (растворение), С (стойк), НС (нестоек), НАБ (набухает) и т.д.

Таблица 18 – Форма таблицы для заполнения результатов

№	Вид пластмассы	Эта- лон	Реагенты				Твердость по минералогиче- ской шкале Мооса
			Аце- тон	Спирт	Толуол	...	
1	Полиэтилен						
2	Полипропилен						
3	Полистирол						
4	и т.д.						

Лабораторная работа №10

Седиментационный анализ дисперсных наполнителей для композиционных материалов

Цель работы: освоить методику седиментационного анализа материалов

Задание:

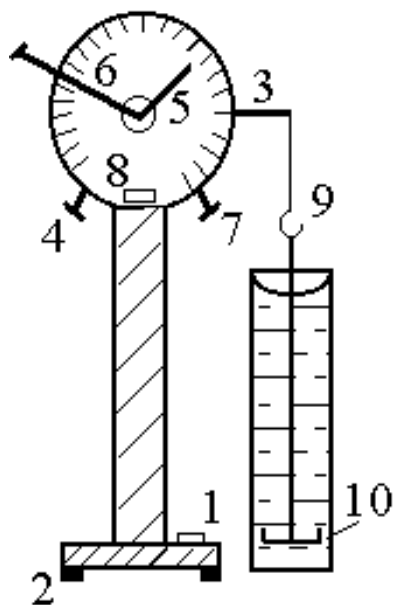
1. Изучить экспериментальные методы определения химической стойкости и твердости пластмасс по минералогической шкале Мооса
2. Сделать конспект по выполнению практической работы.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Порядок выполнения работы

1. Образцы пластмасс помещаются 1. Наливают в цилиндр определенный объем воды и взвешивают чашечку весов m_0 (G_0) погруженную в воду.

2. Взвешивают навеску порошка для получения 0,5% суспензии с учетом объема воды в цилиндре.

3. Вносят взвешенный порошок в воду и тщательно перемешивают стеклянной палочкой. Очень быстро, чтобы суспензия не успела осесть, подвешивают на коромысло чашечку весов (рис.9), включают секундомер.



- 1- уровень;
- 2- опорные винты;
- 3 – коромысло весов;
- 4 - арретир (закрепительный рычаг);
- 5 – стрелка (указатель веса);
- 6 – ручка для перемещения стрелки (рычаг натяжения);
- 7 – тарировочная головка;
- 8 – линия равновесия;
- 9 – крючок коромысла весов;
- 10 – чашечка

Рисунок 9 -Схема торсионных весов

4. По мере оседания суспензии, вес чашечки изменяется. Взвешивание производят как можно чаще. С течением времени оседание замедляется, поэтому интервалы времени между замерами можно увеличить до установления совпадающих значений веса чашечки.

5. Промывают чашечку в той же суспензии, чтобы на ней не было осадка, вновь тщательно перемешивают суспензию и весь опыт проводят повторно еще не менее двух раз. Полученные данные оформляют в виде таблицы 19.

Таблица 19 - Результаты седиментационного анализа

№ опыта	τ , с	m_τ	$m_\tau = m_\tau - m_0$	m_m	Q, %
Опыт 1	τ_1				
	τ_2				
	...				
	τ_n				
Опыт 2	τ_1				

	τ_2				
	...				
	τ_n				

2. На основании экспериментальных данных строят кривую седиментации в координатах $m = f(\tau)$, где m – количество суспензии (выраженное в процентах к общему количеству порошка), осевшее за время τ . В полидисперсных системах частицы различных радиусов оседают одновременно, но с разными радиусами. Вид кривой седиментации, получаемой на практике, представлен на рис.10.

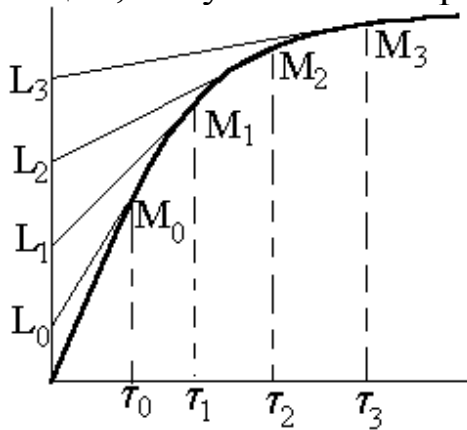


Рисунок 10 - Зависимость массы осевшего вещества от времени осаждения твердой фазы суспензии в полидисперсной системе

3. Разбив полученную кривую касательными на несколько участков и опустив из каждой точки касания перпендикуляр на ось абсцисс, можно соответственно каждому отрезку времени τ рассчитать с помощью закона Стокса радиус частиц.

$$r_1 = \sqrt{\frac{Kh}{\tau_1}}$$

где $K = \sqrt{\frac{9\eta}{2(\rho - \rho_{ж})g}}$

4. Процентное содержание фракций имеющей частицы в пределах от r_n до r_{n+1} можно рассчитать по формуле

$$\frac{L_n L_{n+1}}{OL_\infty} \cdot 100$$

5. Для определения массы выпавшего вещества используют формулу

$$\Delta m = m_0 + t \frac{dm}{dt}$$

где $m_0 = OL_1$ ($Q_0 = OL_1$) (OL_∞ - наибольшая ордината кривой).

Полученные значения вносим в таблицу 20.

Таблица 20 - Результаты определения размеров частиц

τ , МИН	Радиус, r	$r_{cp} = \frac{r_n + r_{n+1}}{2}$	$\frac{L_n L_{n+1}}{OL_\infty} \cdot 100$	$\Delta r = r_n - r_{n+1}$	$F(\tau)$

6. Функция $F(\tau)$ распределения весового количества дает (в процентах от всей массы осевшего вещества) массу частиц, радиус которых лежит в интервале, равном 1, вблизи данного значения радиуса

$$F(r) = \frac{\Delta m}{\Delta \tau},$$

где Δm приходится на частицы, имеющие размеры от r_1 до r_2 и $\Delta r = r_1 - r_2$.

7. Чтобы построить кривую распределения (рисунок 11), нужно на оси ординат отложить $F(\tau)$, а на оси абсцисс – средние значения радиусов r_{cp} .

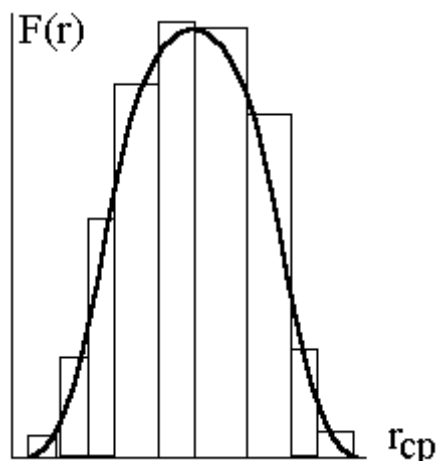


Рисунок 11 - Кривая распределения частиц по размерам

Лабораторная работа №11

Определение стойкости покрытий

Цель работы: изучение методики определения стойкости покрытий

Задание:

1. Изучить методику определения стойкости покрытий.
2. Сделать конспект по выполнению практической работы.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Порядок выполнения работы

- 1 Определение гидротермической стойкости покрытия

Образец после взвешивания помещают на колбу с кипящей водой и подвергают в течение 1 ч воздействию паров кипящей воды, после чего образец осушают фильтровальной бумагой и осматривают при комнатной температуре сразу после испытания, отмечают следующие изменения на поверхности: наличие трещин (с помощью лупы), вздутий, расслоения, потери блеска, цвета (невооруженным глазом). Если изменения внешнего вида покрытия и расслоение не произошли или указанные изменения внешнего вида (при отсутствии расслоения) исчезли в течение 24 ч, то результаты испытаний считаются положительными.

2. Сущность методов испытаний химической стойкости покрытий или материалов заключается в определении изменений внешнего вида и параметров образцов покрытий и материалов, возникающих в результате воздействия на них химических реактивов, имитирующих агрессивную среду при эксплуатации

Стойкость поверхности к воздействию реагентов определяют с применением реагентов, указанных в таблице 20. Во время выдерживания образцов температура реактива должна быть $20 \pm 2^\circ\text{C}$.

Таблица 20 – Реагенты для определения стойкости поверхности

Наименование реагентов	Наименование реагентов
<i>Водостойкость:</i>	<i>Кислотостойкость:</i>
вода дистиллированная по ГОСТ 6709	3% и 30%-ная серная кислота
вода водопроводная	10%, 40%-ная азотная кислота
10%-ный хлористый натрий	5%, 40%-ная HF
<i>Щелочность</i>	5%-ная и 100%-ная CH_3COOH
1%-ный и 10%-ный гидрат окиси натрия	10%-ная лимонная кислота
2%-ный и 20%-ный карбонат натрия	100%-ная олеиновая кислота
10%-ная и концентрированная NH_4OH	<i>Маслостойкость:</i>
1%-ный мыльный раствор	тяжелая нефть
<i>стойкость в органических растворителях</i>	трансформаторное масло
ацетон	бензин
этиловый эфир	скипидар
этилацетат	пищевое масло
этиловый спирт	гептан
дихлорэтан	<i>стойкость к окислительным</i>
четырёххлористый углерод	<i>веществам:</i>
бензол	10%-ный NaClO
толуол	3%-ная и 30%-ная H_2O_2
фенол	5%-ная и 40%-ная H_2CrO_4
анилин	

Для определения кислотостойкости и щелочестойкости проводят не менее двух параллельных испытаний. Для каждого испытания в колбу емкостью 500 мл взвешивают по 10 г материала (с точностью до 1 мг). К взвешенному материалу добавляют:

при определении кислотостойкости - 100 мл кислоты;

при определении щелочестойкости - 200 мл раствора.

Реактивы необходимо в течение первых 7 сут испытаний перемешивать один раз в сутки, а затем - через каждые 7 сут до конца испытаний. Определение изменений физических и геометрических параметров проводят в сроки через: 1 сут., 3 сут., 7 сут., 14 сут., 28 сут., 2 мес., 3 мес., 4 мес., 5 мес., 6 мес. и более.

Выдерживание в реактиве считается законченным, если образец под влиянием реактива полностью разрушился или при 3 следующих друг за другом измерениях не происходит изменения параметров, но в последнем случае выдерживание проводят не менее 28 сут.

Растворимость материала под воздействием агрессивного реактива характеризуется потерей массы в процентах по отношению к первоначальной.

Кислотостойкость, щелочестойкость и стойкость к агрессивным реактивам характеризуется относительным изменением массы в процентах по отношению к первоначальной массе.

Измерение массы образцов осуществляют с точностью до 1 мг. Толщину, ширину и длину измеряют с точностью до 0,1 мм.

Измерения каждого размера проводят в трех местах, но не ближе, чем 5 мм от края. Одной из точек измерения толщины является центр образца. Диаметр круглых образцов измеряют в двух местах во взаимно перпендикулярных направлениях. За результат измерений принимают среднюю арифметическую величину всех измерений.

Погружение образцов в сосуд с жидкостью (реактивом), осуществляют таким образом, чтобы она охватывала образец со всех сторон и покрывала его слоем не менее чем 10 мм. Объем жидкости принимается из расчета 8 мл/см² полной поверхности образца. Если плотность образца менее плотности жидкости, то образцы удерживаются от всплытия пригрузом.

Образцы, испытываемые в кислоте, щелочи или в водных растворах, промывают водой, а образцы, испытываемые в нерастворимых в воде неэфирных органических жидкостях, промывают эфир-

ным растворителем. Образцы, испытываемые в эфирных растворителях, не нуждаются в промывке.

Внешний вид и состояние каждого образца фиксируют в журнале испытаний. Внешний вид может быть зафиксирован фотоснимком.

Условия и результаты испытания должны быть оформлены в виде протокола, содержащего:

1) условия испытаний:

вид образца, состав раствора для изготовления подложки, наименование покрытия, технология нанесения (количество слоев, температура и относительная влажность воздуха в ходе нанесения), время выдержки покрытия до испытания, толщина покрытия, вид, концентрация и температура химического реактива;

2) результаты испытаний химической стойкости:

начало разрушения (конец испытания) покрытия для каждого образца в сут, внешний вид покрытия при каждом испытательном сроке, другие результаты (в случае необходимости), дата испытания и фамилия испытателя.

3. Определение стойкости покрытий к повышенной температуре

Для проведения испытания применяют термошкаф, обеспечивающий поддержание температуры $(70 \pm 5)^\circ\text{C}$.

Острые кромки образцов зачищают абразивной шкуркой так, чтобы отсутствовали сколы покрытия. Образцы помещают в термошкаф при температуре $(70 \pm 5)^\circ\text{C}$ на 24 ч. После испытания образцы выдерживают 24 ч при температуре $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ и осматривают декоративную поверхность невооруженным глазом в целях обнаружения трещин на поверхности.

Осмотр образцов производят под углом 20° - 30° к плоскости поверхности с расстояния 250 мм. При отсутствии на покрытиях трещин образцы считают выдержавшими испытание и результат распространяют на всю партию.

Лабораторная работа №12

Определение деформационно-прочностных свойств текстильных, кожевенных материалов и резин при одноосном растяжении

Цель работы: изучение методики определения деформационно-прочностных свойств текстильных, кожевенных материалов и резин

при одноосном растяжении

Задание:

1. Изучить метод определения деформационно-прочностных свойств.
2. Сделать конспект по выполнению практической работы.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Порядок выполнения работы

При растяжении материалов определяют следующие характеристики:

- абсолютное удлинение рабочей части пробы материала, Δl мм;
- относительное удлинение рабочей части образца материала;
- напряжение, возникающее в материале в ответ на действие внешней силы, σ , МПа;
- прочность – сила, которую необходимо приложить к образцу материала для его разрушения, P^* , Н;
- предел прочности – напряжение, предшествующее разрушению материала, σ^* , МПа;
- коэффициент поперечного сокращения – μ .

Для резин и других высокоэластических материалов дополнительно определяют запас прочности (З) — показатель, характеризующий кратность превышения нагрузки разрыва над нагрузкой, испытываемой материалом в деталях изделия при эксплуатации.

Для тканей и трикотажных полотен определяют расчетное разрывное усилие $P_{уд}$, Н, приходящееся на структурный элемент материала (в тканях — нить основы или утка, в трикотаже — петельный столбик или ряд).

Для картонов определяют коэффициент мокростойкости, который характеризует влияние влаги на механические свойства картона.

1. Подготовка образцов материалов

Образцы кож вырубают из чепрачной части кож вдоль и поперёк линии хребта в количестве не менее двух по каждому направлению. Затем образцы маркируют и определяют толщину рабочей части. Для этого длину рабочей части образца – l , разбивают на пять равных участков (рис.12, табл. 21). После этого измеряют толщину

(h_i) каждого участка образца. Измерив толщину образцов в размеченных участках, приступают к испытанию образцов кож на разрывной машине РТ-250М.

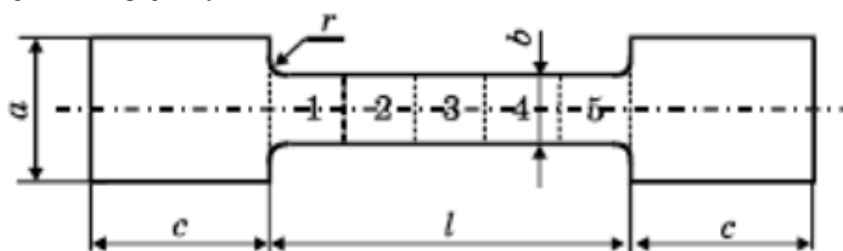


Рисунок 12 - Форма образца материала для одноосного растяжения

Таблица 21 – Размеры образца к подписи к рисунку 12

Кожа	l	b	a	c	r
Подошвенная, стелечная, для верха обуви, хромового дубления, подкладочная и т.д.	50	10	20	25	5
Сыромять и ремни	200	20	30	60	5
Для шорно-седельных изделий	150	15	20	30	2,5
Овчина	50	5	8	14	1,5

Определение показателей, характеризующих свойства тканей, осуществляется на образцах прямоугольной формы, имеющих следующие размеры (рис. 13):

$$L = l + 2a + c ,$$

где L – полная длина образца ткани; l – длина рабочей части образца, равная 200 мм; a – длина части образца, равная 25 мм, которая необходима для крепления в тисках динамометра; c – длина части образца, равная 100÷150 мм и необходимая для крепления груза предварительного натяжения.

С учётом сказанного, при $l = 200$ мм общая длина образца ткани равна 350÷400 мм, а при $l = 100$ мм общая длина образца равна 250÷300 мм. Образцы вырезают шириной 60 мм, затем удаляя нити с двух сторон до ширины 50 мм.

При заправке образца ткани в зажимы разрывной машины используют грузы предварительного натяжения для выпрямления пробы. Величина груза предварительного натяжения зависит от поверхностной плотности и волокнистого состава ткани (табл. 22).

Определение свойств мягких искусственных кож однослойного и многослойного строения на тканой (ИК), нетканой или комбинированной основах (СК), осуществляется на образцах прямоугольной формы, размеры которых приведены в таблице 23.

Образцы для испытания вырезают из образцов мягких искусственных кож в продольном и поперечном направлениях относительно длины рулона. Количество образцов для испытания: 2 образца вдоль рулона, 2 образца поперёк рулона.

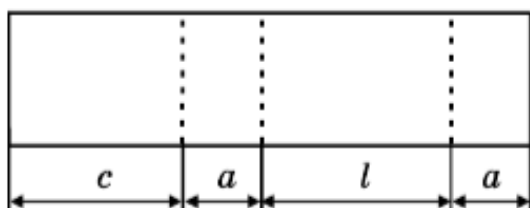


Рисунок 13 - Форма образца тканевого материала

Таблица 22 - Величина груза предварительного натяжения в зависимости от поверхностной плотности и волокнистого состава ткани

Ткани, кроме шёлковых, с поверхностной плотностью, г/м ²	Масса груза, кг
до 75	0,2
76÷500	0,5
501÷800	1
801÷1000	2
1001÷1500	3
Шёлковые ткани, г/м ²	
до 300	0,2
301-500	0,5

Таблица 23 – Размеры образцов мягких искусственных кож однослойного и многослойного строения на тканой (ИК), нетканой или комбинированной основах (СК)

Размеры проб, мм		Размеры рабочего участка, мм	
ширина(b)	длина(L)	ширина(b)	длина(L)
20	220	20	100
50	220	50	100
50	320	50	200

В том случае, если основой мягкой искусственной кожи является ткань, то перед испытанием к нижней части образца подвешивают груз предварительного натяжения, величины которых приведены в таблице 24.

Для определения свойств резин при одноосном растяжении, а также других синтетических материалов, образцы в форме двусторонней лопатки вырезают из пластин в продольном и поперечном направлениях в количестве не менее 2-х (рис. 12). Длина рабочей части у проб резины $l = 50$ мм, ширина $b = 10$ мм, а значения a , c и $г$, соответствуют значениям образца кожи.

2. Провести разметку образцов и определить толщину с помощью толщиномера.

Таблица 24 – - Величина груза предварительного натяжения в зависимости от ширины ткани

ширина рабочей части пробы (b), мм	масса груза, кгс
20	0,2
50	0,5

3. Провести испытания образцов до разрыва, построить графики растяжения (диаграммы растяжения) (рис.14).

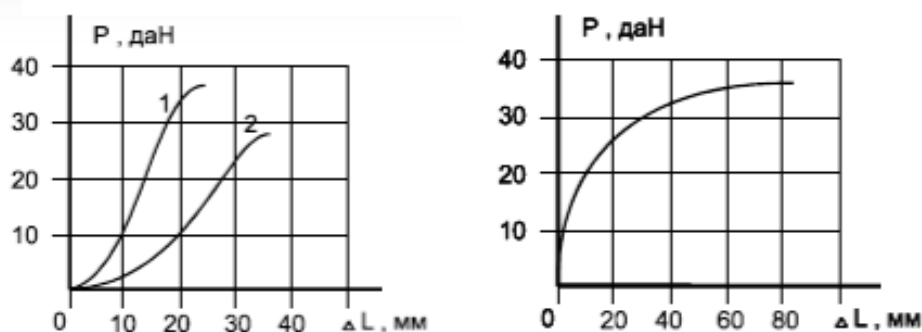


Рисунок 14 - Пример диаграммы растяжения

4 По полученным диаграммам растяжения рассчитать основные показатели деформационно-прочностных свойств испытанных материалов

Абсолютное удлинение рабочей части пробы материала, Δl мм:

$$\Delta l = l_1 - l,$$

где l_1 – длина рабочей части элементарного образца материала при действии внешней силы P , мм; l – длина рабочей части образца до приложения нагрузки, мм.

Относительное удлинение рабочей части образца материала, ε :

$$\varepsilon = 100\% \cdot [(l_1 - l) / l] = 100\% \cdot (\Delta l / l) ;$$

Напряжение, возникающее в материале в ответ на действие внешней силы, σ , МПа:

$$\sigma = 10 \cdot P / F ,$$

где: P – действующая сила, даН; F – площадь поперечного сечения образца материала, мм²;

$$F = b \cdot h, \quad b \text{ – ширина, мм, и } h \text{ – толщина, мм;}$$

прочность – сила, которую необходимо приложить к образцу материала для его разрушения, P^* , даН;

предел прочности – напряжение, предшествующее разрушению материала, σ^* , МПа:

$$\sigma^* = 10 \cdot P^* / F .$$

коэффициент поперечного сокращения – μ :

$$\mu = \varepsilon_{\text{поп}} / \varepsilon_{\text{прод}} ,$$

где $\varepsilon_{\text{поп}}$ – относительная деформация (относительное сокращение) образца в поперечном направлении:

$$\varepsilon_{\text{поп}} = 100\% \cdot (b - b_1) / b;$$

b – ширина рабочей части образца материала до растяжения;
 b_1 – ширина рабочей части образца при заданном значении P ; $\varepsilon_{\text{прод}}$ – относительная деформация рабочей части образца в продольном направлении.

Материалы, применяемые для производства изделий лёгкой промышленности, не подчиняются закону Гука, поэтому уравнение зависимости $P = f(\Delta l)$ имеет степенной вид:

$$\varepsilon = A Q^n ,$$

где A – коэффициент растяжимости материала, Н^{-1} (даН^{-1}); $Q = 0,1P$; n – показатель степени.

Уравнение $\varepsilon = A Q^n$ описывает кривую растяжения материала только при действии на материал внешней силы $P \leq 0,75 \cdot P^*$.

Коэффициент растяжимости A для всех видов материалов определяется при действии на образец силы $P = 10$ даН. Относительная деформация ε при этой силе принимает значение ε_A , и, исходя из уравнения $\varepsilon = A Q^n$, ε_A численно равно A , так как при $Q=1$, значение $Q^n = 1$

Для расчёта ε_A из графика зависимости $P=f(\Delta l)$ определяют величину абсолютного удлинения Δl_A при $P = 10$ даН. Зная Δl_A , относительную деформацию ε_A вычисляют по формуле:

$$\varepsilon_A = 100 \cdot (\Delta l_A / l).$$

Показатель n можно рассчитать из формулы, если прологарифмировать уравнение $\varepsilon = A Q^n$, то

$$n = (\lg \varepsilon - \lg A) / \lg Q .$$

Показатель степени n вычисляют как среднеарифметическое значение n , рассчитанных при нескольких значениях Q и ε .

Показатель степени n можно определить графическим способом. Зная величины $\lg \varepsilon$ и $\lg Q$, строят график зависимости $\lg \varepsilon = f(\lg Q)$. Тангенс угла наклона прямой к абсциссе равен показателю степени n , то есть $\text{tg} \alpha = n$. В том случае, если ширина образца

больше 10 мм, то коэффициент растяжимости материала A_b рассчитывается по формуле

$$A_b = A/b^n,$$

где A – коэффициент растяжимости материала при $b = 10$ мм.

Лабораторная работа №13

Определение химической устойчивости стеклянной тары

Цель работы: изучение методики определения химической устойчивости и гидrolитического класса тарных стёкол в различных средах.

Задание:

1. Изучить методы определения среды раствора тарных стёкол и химической устойчивости и гидrolитического класса тарных стёкол в различных средах.
2. Сделать конспект по выполнению практической работы.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Порядок выполнения работы

Стеклянная тара – один из самых надежных видов упаковки для разнообразных пищевых продуктов, лекарственных препаратов, парфюмерных веществ и т.д. Поэтому химическая стойкость стекол является ключевым фактором при выборе тары.

В зависимости от водостойкости стекла делят на пять гидrolитических классов: I – неизменяемые водой; II – устойчивые; III – твёрдые аппаратные; IV – мягкие аппаратные; V – неудовлетворительные. Большинство тарных стёкол принадлежат к самому большому - III гидrolитическому классу (табл. 25).

Таблица 25 - Гидrolитическая классификация стекол

Гидrolитический класс стекла	Количество 0,01 н HCl, израсходованной на титрование, мл	Количество выщелоченного оксида натрия Na ₂ O, мл
I	0–0,32	0–0,11
II	0,32–0,65	0,11–0,2
III	0,65–2,8	0,2–0,87
IV	2,8–6,5	0,87–2
V	6,5 и более выше	2 и выше

Химическую стойкость определяют количеством кислоты (HCl), пошедшей на титрование раствора, которым было обработано испытуемое стекло: чем больше израсходовано кислоты, тем меньше

химическая стойкость стекла. В зависимости от количества кислоты, мл, расходуемой на титрование навески стекла 5 г, определяют гидrolитический класс стекла.

1. Подготовка посуды к проведению испытания

Для проведения испытания используют посуду из кварцевого или химически стойкого стекла. Новую стеклянную посуду предварительно обрабатывают для уменьшения выщелачиваемости. Для этого ее наполняют 10–15% раствором едкого натрия и выдерживают при комнатной температуре в течение 7–10 дней, после чего промывают горячей водой и пропаривают. Затем посуду обрабатывают кипящей дистиллированной водой в условиях, соответствующих условиям ее будущей работы.

2. Подготовка пробы к проведению испытания.

Для подготовки пробы к проведению испытания отбирают отоженный или упрочненный образец стекла. Поступивший на испытание образец стекла тщательно очищают от механических и любых других видов загрязнений, обмывают дистиллированной водой по ГОСТ 6709, протирают этиловым спиртом по ГОСТ 17299.

Для приготовления пробы образец стекла разбивают на куски размером от 10 до 30 мм. При этом используют защитные очки и соблюдают правила безопасности при работе со стеклом.

Для приготовления измельченного стекла из пробы отбирают куски стекла общей массой не менее 100 г. Отобранные куски измельчают в ступке. Для получения зерен округлой формы стекло при измельчении целесообразнее растирать в большой ступке кругообразными движениями пестика, при этом зерна стекла как бы окатываются, не подвергаясь значительному раздавливанию.

После каждого удара раздробленную пробу просеивают в течение 30 с через набор сит. Крупную часть, оставшуюся на, вновь измельчают в ступке до тех пор, пока не будет приготовлено от 8 до 10 г пробы.

3. Определение среды раствора тарных стёкол

Растереть в ступке по отдельности несколько кусочков различного тарного стекла. Около 1 г каждого полученного порошка перенести в пробирки, добавить 2–3 мл дистиллированной воды, нагреть до температуры кипения и внести 1–2 капли индикатора фенолфталеина.

Записать наблюдения. Проследить за окраской водного слоя в течение 30–60 мин. Объяснить изменение окраски индикатора фенолфталеина.

4. Определение химической устойчивости и гидролитического класса тарных стёкол в различных средах.

Приготовить раствор сравнения; для этого в коническую колбу поместить 50 мл буферного раствора ($\text{pH} = 5,2$) и добавить в него две капли метилового красного. Зафиксировать цвет раствора сравнения.

5 г порошка различного тарного стекла поместить в коническую колбу, добавить 50 мл нейтральной дистиллированной воды, закрыть пробкой и выдержать при температуре $98 \text{ }^\circ\text{C} \pm 0,2$ в течение 50 мин.

После этого жидкость охладить, добавить две капли раствора индикатора метилового красного и титровать 0,01 н раствором соляной кислоты НС1, доводя раствор до окраски раствора сравнения (буферного раствора). Отметить расход соляной кислоты, по табл. 25 определить гидролитический класс тарных стёкол. Свести результаты в таблицу и сделать вывод о химической устойчивости тары из разных видов стекол.

5. Определение водостойкости стекла

В коническую колбу вместимостью 250 см³ помещают пробу измельченного стекла и удаляют прилипшие частицы пыли шестикратной декантацией, используя каждый раз по 30 см³ ацетона или этилового спирта. Для удаления остатков ацетона или спирта колбу помещают на предварительно нагретую до температуры 70 °С и затем выключенную электроплитку. После испарения всего ацетона или спирта колбу с измельченным стеклом выдерживают в течение 20 мин в сушильном шкафу при температуре $(140 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$. После извлечения колбы из сушильного шкафа измельченное стекло пересыпают в стаканчик для взвешивания, охлаждают в эксикаторе и закрывают его.

Из приготовленной пробы отбирают и взвешивают с учетом 4.3 три навески массой по 2,000 г. Каждую навеску помещают в мерную колбу вместимостью 50 см³, доливают до метки дистиллированной водой и распределяют измельченное стекло по поверхности основания колб. Одновременно проводят два контрольных испытания (растворы без пробы стекла). Все колбы без пробок погру-

жают выше меток (до середины горловины) в водяную баню с температурой $(98,0 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$.

Через 5 мин колбы закрывают пробками. Нагревают колбы при температуре $(98,0 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$ в течение 60 мин от момента погружения в баню. Затем колбы вынимают, открывают и после охлаждения в водяной бане до температуры $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ доливают дистиллированной водой до метки. Содержимое в колбах тщательно перемешивают и оставляют до осаждения стекла.

Из каждой колбы пипеткой отбирают по 25 см^3 раствора в конические колбы вместимостью 100 см^3 , прибавляют $0,1 \text{ см}^3$ метилового красного раствора (индикатор) и титруют раствором соляной кислоты молярной концентрации, равной с $(\text{HCl}) = 0,01 \text{ моль/дм}^3$, до перехода окраски раствора от желтой к красно-оранжевой.

Готовят 25 см^3 буферного раствора с $0,1 \text{ см}^3$ индикатора, и окончание титрования определяют по совпадению цветовых оттенков приготовленного буферного раствора с индикатором и титруемых растворов. Все три раствора с пробами стекла и растворы контрольных испытаний титруют одинаковым способом

Лабораторная работа №14

Определение адгезионных характеристик поверхности изделий из полимерных материалов с помощью липких лент

Цель работы: изучение методики определения химической устойчивости и гидrolитического класса тарных стёкол в различных средах.

Задание:

1. Изучить метод определения адгезионных характеристик поверхности изделий из полимерных материалов.
2. Количественно оценить и сравнить между собой адгезионные свойства различных полимерных материалов.
3. Сделать конспект по выполнению практической работы.
4. Ответить на контрольные вопросы.

Порядок выполнения работы

Определение адгезионной прочности методом отслаивания возможно в том случае, когда адгезив или (и) субстрат являются гибкими. При реализации метода отслаивания одно из контактирующих тел должно быть неподвижным. Чаще таким неподвижным телом является субстрат.

Для определения используют пленочные образцы различных полимеров длиной не менее 200 мм (ПЭ, ПП, ПВХ пластифицированный, полиимид, лавсан, фторопласт-4, фторопласт-26, бумага и др.

1. Разложить выбранные для исследований материалы шириной не менее чем ширина липкой ленты и длиной не менее 200 мм на горизонтальную поверхность рабочего стола, застеленного полиэтиленовой или иной пленкой, протереть их с одной стороны ватным тампоном, смоченным этиловым спиртом, и просушить на воздухе в течение 10 минут.

2. Аккуратно наклеить на обезжиренные полимерные образцы липкую ленту, сматывая ее с рулона на длину не менее 200 мм так, чтобы под слоем прозрачной липкой ленты не образовывалось больших воздушных пузырей. Прodelать эту операцию следует однократно, не отслаивая ленту несколько раз от полимерной пленки.

3. С помощью металлической линейки и канцелярского ножа отрезать по ширине липкой ленты выступающие с боков по длине полимерные пленки так, чтобы получились склеенные с липкой лентой ленточные образцы длиной не менее 200 мм.

4. Нанести на полученные образцы (с помощью шариковой ручки) по их центру метки в виде поперечных полосок, расположенных на расстоянии 50 и 100 мм, обозначив таким образом «рабочий участок».

5. Расслоив с одного из концов ленточный образец на 30–40 мм, закрепить пленочный материал (субстрат) в штативе, а к липкой ленте прикрепить груз массой 100 г так, как это показано на рис. 15. После отпускания груза липкая лента начнет отслаиваться от полимерного образца с некоторой скоростью.

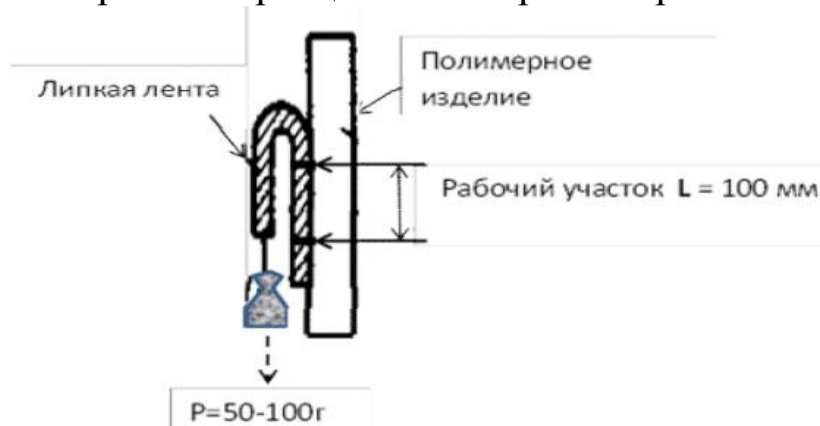


Рисунок 15 - Схема проведения испытаний ленточных образцов на расслаивание при постоянной нагрузке

6. В момент, когда образец расслоится до первой поперечной метки

рабочего участка, включить секундомер и зафиксировать время, в течение которого образец будет расслаиваться на участке 100 мм. Занести полученные данные в таблицу.

7. Последовательно провести подобный эксперимент со всеми подготовленными образцами субстрата (подложки) и рассчитать скорость отслаивания липкой ленты в мм/мин.

8. Проанализировать полученные экспериментальные данные и найти корреляцию между скоростью отслаивания липкой ленты, химической природой, полярностью и качеством поверхности полимерных пленочных материалов.

Лабораторная работа №15

Определение продолжительности и степени высыхания лакокрасочных материалов

Цель работы: изучение методики определения и оценить по семибалльной шкале степень высыхания лакокрасочного материала при комнатных условиях

Задание:

1. Изучить метод определения степени высыхания лакокрасочного материала при комнатных условиях.
2. Количественно оценить степень высыхания лакокрасочного материала при комнатных условиях.
3. Сделать конспект по выполнению практической работы.
4. Ответить на контрольные вопросы.

Порядок выполнения работы

Метод основан на способности лакокрасочных покрытий в зависимости от степени отверждения удерживать на своей поверхности стеклянные шарики или бумагу при заданной нагрузке и заключается в определении времени, в течение которого жидкий лакокрасочный слой превращается в пленку с требуемой степенью высыхания.

Оценка степени высыхания производится по семибалльной шкале; характеристика степеней высыхания которой представлена ниже в табл. 26.

Стеклянные пластины размером 120×90×1,2 мм протирают тканью, смоченной ацетоном, и сухой чистой тканью. В эмаль ПФ-1126 (или иной ЛКМ) вводят сиккатив НФ в соотношении (по

массе): на 100 ч. – 4 ч. сиккатива, перемешивают и добавляют соль-вент до рабочей вязкости эмали 15–26 с по вискозиметру ВЗ-4 (в количестве не более 30–40 % от массы эмали). Затем эмаль фильтруют через сито с сеткой № 0125 или через марлю. Подготовленную эмаль наносят на стеклянные пластинки краскораспылителем КРУ-1 в один слой.

Таблица 26 - Оценка степени высыхания ЛКМ

Сте-пень	Характеристика поверхности покрытия после испытания
1	Стеклянные шарики, свободно насыпанные на поверхность покрытия, полностью удаляются с нее мягкой волосяной кистью; при этом поверхность покрытия не повреждается
2	Бумага не прилипает к покрытию и не оставляет следа после снятия нагрузки 0,2 Н (~20 г)
3	То же, после снятия нагрузки 2,0 Н (~200 г)
4	Бумага не прилипает к покрытию после снятия нагрузки 20 Н (~2кг); при этом на покрытии виден след от нагрузки
5	Бумага не прилипает к покрытию и не оставляет следа после снятия нагрузки 20 Н (~2кг)
6	Бумага не прилипает к покрытию, но оставляет след от нагрузки 200 Н (~20 кг) после ее снятия
7	Бумага не прилипает к поверхности и не оставляет след после снятия нагрузки 200 Н (~20 кг)

Нарезают диски из бумаги диаметром 26 мм, а диски из резины – 22 мм. Стеклянные микрошарики отвешивают в количестве 0,5 г в стеклянный стакан.

1. Определение продолжительности сушки до степени высыхания 1

1.1. Окрашенные пластины помещают в горизонтальном положении в шкаф и включают секундомер. Пластины выдерживают до тех пор, пока при легком прикосновении пальцем к слою лакокрасочного материала не исчезнет липкость эмали.

1.2. После этого на горизонтально расположенную пластину из стеклянного стакана насыпают микрошарики с высоты 10–13 см таким образом, чтобы они образовали на поверхности пленки равномерный слой.

1.3. Через 60 ± 2 с окрашенную пластину наклоняют под углом 20° и осторожно сметают микрошарики мягкой волосяной кистью. Если шарики легко удаляются и при осмотре невооруженным глазом не обнаруживается повреждений, покрытие достигло степени высыхания 1.

1.4. При помощи секундомера фиксируют время от момента нанесения покрытия до достижения степени высыхания 1.

Затем приступают к определению продолжительности следующих степеней высыхания, для чего пластину вновь располагают горизонтально покрытием вверх.

2. Определение продолжительности сушки до степеней высыхания 2–7.

2.1. На участок покрытия, отстоящий на 1–2 см от края пластины, накладывают бумажный, а на него – резиновый диск.

2.2. На середину последнего устанавливают гирию массой 20 г и выдерживают в течение 60 ± 2 с.

2.3. Затем снимают гирию и резиновый диск, а пластину свободно бросают ребром на деревянную доску с высоты 2–3 см. Если бумажный диск отпадает, покрытие достигло степени высыхания 2, и можно приступить к определению 3 степени высыхания, которое проводят аналогичным с применением гири массой 200 г.

2.4. При достижении степени высыхания 3 после удаления бумажного диска на покрытии не должно оставаться следа.

2.5. При определении степеней высыхания 4 следует использовать гирию массой 2 кг, а для определения степеней высыхания 5–7 следует использовать специальное рычажное приспособление.

2.6. После достижения соответствующей степени отверждения фиксируют время достижения той или иной степени высыхания.

Лабораторная работа №16

Влияние размеров композиционных материалов на свойства получаемых систем

Цель работы: изучить влияние размеров композиционных материалов на свойства получаемых систем

Задание:

1. Количественно оценить влияние размеров композиционных материалов на свойства получаемых систем
2. Сделать конспект по выполнению практической работы.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Порядок выполнения работы

1. Оценить размеры частиц согласно лабораторной работе №6.

2. Организовать внесение частиц разных размеров, но одной массы в систему с определенными свойствами и проследить за изменениями в последней.
3. Построить соответствующую зависимость свойств системы от размеров наполнителя.

Вопросы для защиты лабораторных работ

1. Опишите особенности внутреннего строения металлов.
2. Назовите типы элементарных кристаллических ячеек (решеток), в которых кристаллизуются большая часть металлов.
3. Что такое параметр кристаллической решетки, базис, координационное число, коэффициент компактности?
4. Что такое переохлаждение и как протекает кристаллизация чистых металлов во времени?
5. Что такое критические точки, фиксируемые при охлаждении (кристаллизации) чистых металлов и сплавов? Найдите их на кривой охлаждения и объясните их физический смысл.
6. Как влияет степень переохлаждения на структуру металла при кристаллизации?
7. В чем состоит сущность вторичной кристаллизации? Рассмотрите аллотропические превращения железа и других металлов.
8. Чем объясняется анизотропия поликристаллических материалов?
9. В чем заключается основное отличие кристаллизации сплавов от кристаллизации чистых металлов?
10. Что определяют линии ликвидуса на диаграммах состояния и как они строятся?
11. По диаграмме состояния Fe-C постройте и проанализируйте кривые охлаждения и нагрева сплавов (для трех составов) с применением правила фаз.
12. Как зависят свойства сплавов от их состава? Дайте характеристику физическим и химическим свойствам металлов.
13. Какой материал можно использовать для корпусов приборов? Дайте сравнительную характеристику этих материалов.
14. Классификация металлов.
15. Опишите способы определения длительной прочности металлов.

16. Как влияют примеси на эксплуатационные и технологические свойства сталей?

17. Что такое твердость металла? Изложите методы ее определения по Бринеллю, Роквеллу и Виккерсу

18. Опишите основные виды испытаний свойств металлов.

19. Какие Вы знаете методы неразрушающего контроля качества изделий из металлов и сплавов?

20. Какие свойства металлов относятся к технологическим?

Приведите примеры.

21. Какие свойства металлов относятся к эксплуатационным?

Приведите примеры.

22. Опишите основные характеристики механических свойств металлов (прочность, износостойкость, выносливость и др.).

23. Свойства и маркировка медных сплавов. Приведите анализ диаграммы Cu-Zn.

24. Охарактеризуйте свойства, составы, принципы маркировки и назначение оловянных бронз.

25. Укажите области применения силуминов и объясните влияние модифицирования на их структуру и механические свойства. Где применяются силумины?

26. Свойства магния и его сплавов. Укажите составы, принципы маркировки и назначение сплавов на основе магния.

27. Дайте характеристику титана и его сплавов.

28. Назовите виды специальных бронз. Для каждого вида укажите характерные свойства, наиболее употребительные марки и их применение.

29. Приведите виды термообработки алюминиевых сплавов и укажите влияние на них примесей.

30. Объясните влияния углерода и постоянных примесей стали на ее структуру и свойства.

31. Какие превращения происходят при нагревании и охлаждении чистого железа. Назовите критические точки железа. 1.

32. Начертите диаграмму железо-графит и железо-цементит. Покажите на этих диаграммах линии ликвидуса и солидуса. Поясните процессы, происходящие при кристаллизации и перекристаллизации сплавов (первичной и вторичной кристаллизации).

33. Охарактеризуйте основные свойства фазовых составляющих железо-углеродистых сплавов.

34. Каково влияние углерода и примесей на свойства стали?

35. Назовите разновидности конструкционных сталей и области их применения.

36. Дайте характеристику сталей по специальным свойствам и назовите области их применения.

37. В каких формах графит находится в чугунах и какое влияние оказывает на механические свойства готовых изделий?

38. От каких факторов зависит графитизация чугунов? Приведите маркировку серых, ковких и высокопрочных чугунов.

39. Для чего вводятся в стали легирующие элементы? Приведите маркировочные обозначения наиболее употребительных сталей.

40. Приведите классификацию чугунов по структуре металлической основы. Охарактеризуйте чугуны марок СЧ20, КЧ30-5, КЧ50-5, ВЧ40, АСЧ-2.

41. Приведите примеры длительных испытаний свойств металлов и сплавов.

42. Приведите виды классификации углеродистых сталей. Каковы принципы их маркировки?

43. Перечислите виды сплавов по структуре.

44. Назовите компоненты, фазы и структурные составляющие сплавов железа с углеродом.

45. Приведите краткое описание основных способов получения металлов из руд, ответьте, на каких процессах они основаны, какие при этом используются исходные материалы?

46. Каковы основные различия в составе и свойствах стали и чугуна? В чем сущность процесса переработки чугуна и скрапа в сталь?

47. Опишите, как устроен конвертер и объясните принцип его работы. Каковы преимущества кислородно-конвертерной плавки по сравнению с другими способами производства стали?

48. В чем состоят особенности мартеновского способа получения стали? Опишите устройство и работу мартеновской печи. Почему качество мартеновской стали, выше качества бессемеровской стали?

49. Опишите технологию и дайте схему получения стали в электропечах. Какие применяются электропечи? Особенности процесса производства стали в электрических печах.

50. Объясните преимущества получения стали в индукционных печах. Дайте схему индукционной печи. Опишите область применения сталей, выплавленных в вакуумных индукционных печах.

51. Объясните, какие свойства относятся к физическим?

52. Объясните, какие свойства относятся к механическим?

Какими показателями характеризуются: а)прочность; б)пластичность.

53. Что такое твердость? Какие системы измерения твердости Вы знаете?

54. Что изучает материаловедение

55. Объясните понятия: вещество, материал, характеристика, параметр, свойство, качество материала.

56. Как связаны между собой понятия: состав-структура-строение-свойство материала?

57. Как можно классифицировать материалы?

58. Как изменяются требования к материалам при изменении категории размещения, климатического исполнения, условий эксплуатации и другие?

59. Микроскопический аспект и его применение для изучения свойств поверхности.

60. Химический состав простых пластмасс.

61. Что представляют собой пластмассы, какими характерными свойствами они обладают и каково их назначение?

62. Каково значение полимерных смол в производстве пластмасс, их классификация и методы получения?

63. Каково назначение имеют различные компоненты пластмасс?

64. Приведите технические характеристики полимеров и их строение.

65. Назовите наиболее распространенные термопластичные материалы. Опишите их свойства и области применения.

66. Охарактеризуйте терморезистивные пластмассы с порошковым и волокнистыми наполнителями и укажите области их применения.

67. Приведите составы, свойства и области применения слоистых пластмасс.

68. Назовите виды каучуков и опишите методы изготовления резины и резиновых изделий.

69. Что представляют собой абразивные материалы и в каком виде они применяются для обработки металлов?

70. Чем обусловлена экономическая эффективность применения различных неметаллических материалов?

71. Назовите пластмассы, применяемые для изготовления подшипников.

72. Каково значение полимерных смол в производстве пластмасс, их классификация и методы получения?

73. Каково назначение имеют различные компоненты пластмасс?

74. Приведите технические характеристики полимеров и их строение.

75. Капрон, фторопласт имеют хорошие антифрикционные свойства, но низкую прочность. Каким способом можно использовать эти материалы для изготовления подшипников?

76. Какие полимерные материалы можно использовать в качестве жестких конструкционных материалов и каковы области их применения?

77. В чем состоят технические преимущества стеклотекстолитов со связующим на базе эпоксидных смол по сравнению со стеклотекстолитами на базе фенолформальдегидных смол? Области применения стеклотекстолитов.

78. Какие свойства полимерных материалов обуславливают возможность их применения в качестве теплоизоляционных?

79. Объясните, можно ли использовать каучук в качестве упругих эластичных материалов? Почему?

80. Основные отличительные признаки волокнистых пластиков и пластиков типа капрона и нейлона.

81. Что представляют собой неметаллические материалы? Как они подразделяются?

82. Как влияет форма макромолекул на свойства полимера?

83. Как влияет температура на свойства полимеров?

84. Что такое пластмассы? Их состав, свойства, классификация.

85. Охарактеризуйте состав и назначение компонентов для получения изделий из резины.

86. Назовите основные пленкообразующие материалы, их состав, применение.

87. Что такое стекла? Состав, классификация, свойства, области применения.

88. Что вызывает упрочнение композиционных материалов с разной формой наполнителя?

89. Композиционные материалы с металлической и полимерной матрицей. В чем их отличие? Как влияет матрица на свойства материала?

90. Какими свойствами обладают компоненты композиционных материалов?

91. Какое строение могут иметь композиционные материалы?

92. Что является матрицей в композиционных материалах?

93. Какие наполнители используют для упрочнения композиционных материалов?

94. Какое влияние на свойства композиционного материала оказывают волокна бора?

95. Какими способами можно получать композиционные материалы?

96. В каких областях промышленности могут применяться композиционные материалы?

97. Определение удельной поверхности пористых тел на практике.

98. Какие показатели характеризуют сорбционную способность материала?

99. Поверхности кристаллов, нанокластеров и сорбентов.

100. Процесс организации тонкопористых и крупнопористых сорбентов на примере силикагелей.

101. Типы сорбентов. Их особенности.

102. Особенности примесных атомов на поверхности. Их роль в характеристике поверхности.

103. Определение толщины слоя и площади, занимаемой одной молекулой.

104. Уравнения Шишковского и Фрейнлиха. Их использование при обработке экспериментальных адсорбционных данных.

105. Какими методами определяют намокаемость тканей?

106. Что такое влажность, гигроскопичность текстильных полотен?

107. Что характеризует влагоотдача?

108. Что такое и чем характеризуется влагопоглощающая способность материала?

109. Какую роль играют гигроскопические свойства материалов при изготовлении и эксплуатации одежды?

Библиографический список

1. Методы испытания, контроля и исследования машиностроительных материалов: справ. пособие. – М.: Машиностроение, 1993. – Т.3. Методы исследования неметаллических материалов. – 283 с.
2. Пластмассы. Метод определения водопоглощения: ГОСТ 4650–80. – Взамен ГОСТ 4650–73; введ. 01.12.1980. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1997. – 8 с.
3. Басов, Н. И. Контроль качества полимерных материалов / Н. И. Басов, В. А. Любартович, С. А. Любартович. – Л.: Химия, 1977. – С. 36–44.
4. Бумага и картон. Метод определения поверхностной впитываемости воды при одностороннем смачивании (Метод Кобба). ГОСТ 12605-97 (ИСО 535-91).
https://mgsu.ru/universityabout/Struktura/Kafedri/Str_materialov/teaching-materials/TextbookMaterials070302Seminar.pdf
5. Кирпич и камни керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости. ГОСТ 7025-91. – М. : изд-во стандартов, 1991. – 19 с.
6. Композиты полимерные. Методы определения водопоглощения материалов внутреннего слоя "сэндвич"-конструкций ГОСТ Р 56652-2015
7. Физико-химические основы создания активных материалов : учебник / М. Ф. Куприянов, Ю. В. Кабиров, А. Г. Рудская и др. ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону : Южный федеральный университет, 2011. – 278 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=241105> (дата обращения: 21.10.2021). – ISBN 978-5-9275-0847-1. – Текст : электронный.