

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

В. С. Бедарев

**ТЕХНОЛОГИИ РЕНОВАЦИИ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИМИ
МАТЕРИАЛАМИ**

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов,
обучающихся в бакалавриате по направлениям подготовки
15.03.01 Машиностроение

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2023

УДК 621.791

Рецензент

доцент кафедры инжиниринга технологического оборудования
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический
университет» М. Б. Лещинский

Бедарев, В. С.

Технологии реновации неметаллическими материалами: учебно-методическое пособие для студентов, обучающихся в бакалавриате по направлениям подготовки 15.03.01 Машиностроение / В. С. Бедарев. – Калининград: Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 55 с.

Дисциплина «Технологии реновации неметаллическими материалами» является дисциплиной по выбору вариативной части профессионального цикла, изучается в восьмом семестре. Формируются знания, умения и навыки по выбору технологии реновации с помощью составов для «холодной» сварки, термоусаживающихся полимеров, различных видов защитных покрытий. Знания используются при выполнении выпускной квалификационной работы бакалавра, а также в процессе профессиональной деятельности.

Табл. 5, рис. 8, список лит. – 9 наименований

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено кафедрой инжиниринга технологического оборудования ФГБОУ ВО «Калининградского государственного технического университета» 20 февраля 2023 г., протокол № 5

Учебно-методическое пособие рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала на заседании учено-методической комиссии института агроинженерии и пищевых систем 29 января 2023 г., протокол № 9

УДК 621.791

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Калининградский государственный
технический университет», 2023 г.
© Бедарев В. С., 2023 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
2 РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	8
4. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ.....	17
5. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ.....	17
6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	46
7. ЗАДАНИЯ ПО КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ.....	48
8 ВОПРОСЫ К КОНТРОЛЬНЫМ РАБОТАМ.....	48
9 ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	51
10. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	53
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	54

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Технологии реновации неметаллическими материалами» является дисциплиной по выбору вариативной части профессионального цикла, изучается в восьмом семестре. При изучении дисциплины используются знания и навыки, полученные при освоении дисциплин «Материаловедение», «Технология конструкционных материалов», «Технология машиностроения». Знания и навыки, полученные при освоении дисциплины «Технологии реновации неметаллическими материалами», используются при выполнении выпускной квалификационной работы бакалавра, а также в процессе профессиональной деятельности.

Основные задачи курса – изучение технологических методов получения и обработки заготовок и деталей машин в процессе реновации их технических характеристик неметаллическими материалами; изучение принципиальных схем технологического оборудования, оснастки, инструментов и приспособлений; изучение основ технологичности конструкций заготовок и деталей машин с учетом методов их реновации неметаллическими материалами.

1 ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Технологии реновации неметаллическими материалами» является формирование знаний, умений и навыков по выбору технологии реновации с помощью составов для «холодной» сварки, термоусаживающихся полимеров, различных видов защитных покрытий.

Задачи дисциплины:

- изучение свойств различных видов неметаллических материалов;
- использование различных методов технологий реновации;
- применение новейших методов упрочнения неметаллических материалов.

2 РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1 В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- основные свойства и области применения различных видов пластмасс, составов для «холодной» сварки, композитов на полимерной матрице;
- различные методы технологий реновации;
- способы упрочнения полимерных и композитных материалов;

уметь:

- самостоятельно пользоваться учебной и научно-технической литературой;
- ориентироваться в потоке информации для её применения в учебном процессе;

- выбрать технологию для составов «холодной» сварки в зависимости от вида композиции с точки зрения экономической эффективности;
- выбрать режим термообработки для термоусаживающихся полимеров; владеть:
- способами распознавания неметаллических материалов по марке.

2.2 Результатом освоения дисциплины «Технологии реновации неметаллическими материалами» должно быть формирование у обучающихся профессиональных компетенций ПКС-3, ПКС-3.3.

Для успешного освоения дисциплины «Технологии реновации неметаллическими материалами», студент должен активно работать на лекционных и лабораторных занятиях, организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность.

Для оценивания поэтапного формирования результатов освоения дисциплины (текущий контроль) предусмотрены тестовые задания. Тестирование обучающихся проводится на практических занятиях после изучения соответствующих тем. Тестовое задание предусматривает выбор правильного ответа на поставленный вопрос из предлагаемых вариантов ответа. Перед проведением тестирования преподаватель знакомит студентов с вопросами теста, а после проведения тестирования проводит анализ его работы. Перечень примерных тестовых и практических заданий представлен в фонде оценочных средств по данной дисциплине.

Для успешного освоения дисциплины «Технологии реновации неметаллическими материалами» в учебно-методическом пособии по изучению дисциплины приводится краткое содержание каждой темы занятия, перечень ключевых вопросов для подготовки и организации самостоятельной работы студентов. Материал пособия содержит рекомендации по выполнению контрольной работы для студентов очной и заочной формы обучения.

Приведены задания для контрольной работы, оформленные в виде типовых контрольных заданий. Результаты контрольной работы позволяют оценить успешность освоения студентами тем дисциплины.

Оценка контрольной работы определяется количеством допущенных в ней ошибок и результатом ее защиты.

2.3 Промежуточная аттестация в форме зачета проходит по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости.

Оценка «зачтено» выставляется студентам:

- получившим положительную оценку по результатам выполнения контрольной работы (заочная форма обучения);
- получившим положительную оценку по результатам выполнения лабораторных работ.

Универсальная система оценивания результатов обучения включает в себя системы оценок: 1) «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»; 2) «зачтено», «не зачтено»; 3) 100-балльную (процентную) систему и правило перевода оценок в пятибалльную систему (таблица 1).

Таблица 1 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок Критерий	2	3	4	5
	0–40 %	41–60 %	61–80 %	81–100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
1. Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненным и знаниями, которые не может научно-корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
2. Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи

Система оценок Критерий	2	3	4	5
	0–40 %	41–60 %	61–80 %	81–100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно-корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно-корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задачи данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Осваивая курс «Технологии реновации неметаллическими материалами», студент должен научиться работать на лекциях и организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность. В начале лекции необходимо уяснить цель, которую лектор ставит перед собой и студентами. Важно внимательно слушать, отмечать наиболее существенную информацию и кратко ее конспектировать; сравнивать то, что услышано на лекции с прочитанным и усвоенным ранее материалом. По ходу лекции необходимо подчеркивать новые термины, определения, устанавливать их взаимосвязь с изученными ранее понятиями.

Промежуточная аттестация по дисциплине проходит в форме зачета, который выставляется по результатам текущей аттестации.

Таблица 2 – Объем (трудоемкость освоения) и структура лекционных занятий

№ п/п	Номер и наименование темы
1	Состав и строение полимеров. Классификация полимеров
2	Пластические массы. Состав пластмасс
3	Составы для «холодной» сварки. Технология ремонта
4	Термоусаживающиеся полимеры. Особенности технологии. Виды материалов с «эффектом памяти»
5	Каучуки. Резины. Технология применения реновационных материалов. Композиционные материалы
6	Технология реновации деталей лакокрасочными и порошковыми полимерами

Таблица 3 – Объем (трудоемкость освоения) и структура ПЗ

№ п/п	Тема практических занятий
1	Неметаллические материалы
2	Классификация полимерных материалов
3	Структура полимерных материалов
4	Пластические массы и композиты на их основе
5	Композиционные материалы
6	Нанесение полимерных покрытий вибровихревым способом
7	Процесс трибостатического нанесения эпоксидных порошковых твердых покрытий при реновации

Практические занятия у студентов заочной формы обучения не предусмотрены.

Если лектор приглашает студентов к дискуссии, то необходимо принять в ней активное участие. Если на лекции студент не получил ответа на возникшие у него вопросы, он может в конце лекции задать эти вопросы лектору курса дисциплины.

По дисциплине у студентов заочной формы обучения предусматриваются лабораторные занятия в специализированных лабораториях – для выполнения лабораторных работ.

Контрольная работа, выполняемая студентами заочной формы обучения, предусматривает разработку предлагаемого вопроса в полном объеме. Вариант задания выдается преподавателем. Необходимо разобрать особенности технологии для реновации деталей, где находит применение, физико-механические свойства применяемых неметаллических материалов, достоинства и недостатки предлагаемого способа восстановления. При необходимости, приводятся рисунки, схемы и таблицы, поясняющие разрабатываемую тему.

Тема 1. Состав и строение полимеров. Классификация полимеров

Ключевые вопросы темы

1. Классификация полимеров по структуре.
2. Термопластичные и термореактивные полимеры.
3. Аморфные и кристаллические полимеры.
4. Ориентационное упрочнение.

Ключевые понятия: линейные, разветвленные и сетчатые макромолекулы, полимеризация, поликонденсация, термопласты, реактопласты, аморфное состояние.

Методические рекомендации

Состав и строение полимеров. Реакция полимеризации: процесс соединения низкомолекулярных соединений в высокомолекулярные с образованием длинных цепей. Поликонденсация – это ступенчатая реакция, заключающаяся в соединении двух или нескольких низкомолекулярных веществ (или различных групп) мономеров в одну макромолекулу с одновременным образованием побочных продуктов (вода, аммиак, хлороводород, метиловый спирт и др.).

Различают следующие типы полимерных структур: линейную, линейно-разветвленную, лестничную и пространственную сетчатую. По фазовому составу полимеры представляют собой системы, состоящие из кристаллических и аморфных областей. Кристаллическое состояние характеризуется наличием дальнего порядка в расположении макромолекул (кристаллические ячейки), различные структуры образований (в первую очередь ленты). Аморфные полимеры по строению близки к жидкостям. В них существуют упорядоченные участки термически неустойчивые, могут многократно разрушаться и вновь

возникать. Аморфные фазы могут существовать в трех физических состояниях: стеклообразном, высокоэластичном и вязкотекучем.

В зависимости от действия на полимеры температуры они делятся на термопластичные и термореактивные. Термопластичные при нагреве размягчаются и плавятся, а при охлаждении затвердевают, не меняя своих свойств. Готовый термореактивный продукт не плавится и не растворяется, последующий нагрев может привести к их разложению.

Вопросы для самоконтроля

1. В чем суть реакции полимеризации?
2. В чем суть реакции поликонденсации?
3. Какие побочные продукты выделяются при реакции поликонденсации?
4. Перечислите основные свойства полимеров.
5. Как температура действует на термопластичные и термореактивные полимеры?

Тема 2. Пластические массы. Состав пластмасс

Ключевые вопросы темы

1. Пластмассы их свойства и компоненты.
2. Наполнители пластмасс, пластификаторы, стабилизаторы.
3. Отвердители, красители, порообразователи.
4. Слоистые пластики.

Ключевые понятия: однородные пластмассы, неоднородные пластмассы, связующее вещество, наполнители, пластификаторы, стабилизаторы, отвердители, замедлители, слоистые пластики, текстолит, гетинакс, ДСП.

Методические рекомендации

Пластмассы – это синтетические материалы, получаемые на основе органических и элементоорганических полимеров. Пластмассы по своему составу делятся на однородные и неоднородные, которые состоят из нескольких компонентов. Обязательным компонентом пластмасс является связующее вещество (могут состоять только из связующего). Наполнителями служат твердые материалы органического и неорганического происхождения. Они придают пластмассам прочность, твердость, теплостойкость, уменьшают расход связующего. Пластификаторы – нелетучие жидкости, растворяясь в полимере, повышают его способность к пластическим деформациям. Это сложные эфиры, низкомолекулярные полимеры, фосфаты, фталаты. Стабилизаторы вводят в структуру полимеров для повышения долговечности. Их разделяют на экранирующие, блокирующие и светостабилизаторы. Отвердители – химические вещества, с помощью которых происходит отверждение мономеров. К их числу относят катализаторы, инициаторы, ускорители. Красящие вещества применяют для придания изделию необходимого цвета (охра, сурик, умбра, ультрамарин, оксид хрома и др.). Порообразователи (порофоры) – твердые вещества, которые при нагревании разлагаются с выделением газов (углекислый аммоний, бикарбонат натрия). Используются также жидкие газообразователи – бензол, пентал. Применяют

для получения тепло- и звукоизоляционных материалов (пенопласты, поропласты, пенополистирол).

Стекловолокно применяется для армирования полимеров т.е. придания высоких прочностных свойств. Стекловолокниты негорючи, химически стойки, имеют высокие физико-механические свойства. Пластик на основе бумаги – гетинакс – применяют в качестве электроизоляционного материала (трансформаторы в радиотехнике). Древесно-слоистые пластики (ДСП) изготавливают в форме плит или тонких листов (древесный шпон пропитывают полимерным связующим). Текстолиты – пластики на основе хлопчатобумажных тканей. Применяют для изготовления вкладышей подшипников, прокладок, электроизолирующих материалов. Стеклотекстолит, состав, свойства, применение.

Газонаполненные пластмассы: пенополистирол, пенополивинилхлорид, пенополиэтилен, пенополиуретан.

Вопросы для самоконтроля

1. Из каких компонентов состоят неоднородные пластмассы?
2. Для чего предназначены наполнители и пластификаторы?
3. Для чего предназначены стабилизаторы и отвердители?
4. Назначение красителей, порообразователей, антипиренов?
5. Чем отличается гетинакс от текстолита?
6. Технология получения ДСП, его марки и свойства.

Тема 3. Составы для «холодной» сварки. Технология ремонта

Ключевые вопросы темы

1. Соединения на клеях.
2. Достоинства и недостатки клеевых соединений.
3. Отношение клеевых соединений к воздействию температуры.
4. Эпоксидные, полиуретановые, фенолоформальдегидные клеи.
5. Технологии реновации изделий.

Ключевые понятия: «холодная» сварка, природные и синтетические клеи, адгезия и когезия клея, термопластичные полимеры, терморезактивные полимеры, пластификаторы, растворители, отвердители, наполнители.

Методические рекомендации

Применение клеевых соединений для ремонта металлических, пластмассовых, керамических, деревянных стеклянных и других материалов. Преимущества клеевых неразъемных соединений: атмосферостойкость, стойкость к коррозии, герметичность, химическая стойкость. Недостатками клеевых соединений являются их невысокая прочность при отрыве и знакопеременных нагрузках, невысокая теплостойкость, склонность к старению, токсичность.

По способу изготовления различают природные (казеиновый, столярный и др.) и синтетические клеи (эпоксидные, фенолформальдегидные, полиэфирные и др.). По физическому состоянию клеи могут быть жидкими, пастообразными, пленочными, порошкообразными, в виде стержней. По

адгезионным свойствам клеи бывают универсальными (склеивают различные материалы) и с избирательной адгезией. Клеевые составы могут быть одновременно лакокрасочными материалами и герметиками, составами для «холодной» сварки при ремонтных работах.

Клеи по отношению к нагреву делятся на обратимые (термопласты) и необратимые (на базе реактопластов), отверждающиеся за счет добавления отвердителя.

Самыми распространенными конструкционными клеями являются эпоксидные и полиуретановые клеи, клеи типа «Спрут» на полиэфирноуретановой основе. Эпоксидные композиции применяют при ремонте металлических и пластмассовых изделий (заделка литейных дефектов в отливках, трещин радиаторов, топливной аппаратуры, блоков цилиндров), как электроизоляционные компаунды трансформаторов, изоляторов, в судовой аппаратуре и т. д.

Введение пластификаторов способствует увеличению жизнеспособности клеевых составов. Для отверждения эпоксидных клеев применяют отвердители «холодного» и «горячего» отверждения. В клеи вводят также наполнители, которые придают новые свойства, отличные от свойств исходного компонента.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие преимущества клеевых соединений перед сварной, клепкой и другими способами механического крепления?
2. В чем недостатки клеевых соединений?
3. Что такое адгезия и когезия?
4. Какова роль пластификаторов и наполнителей в клеевых композициях?
5. Отвердители холодного и горячего отверждения.
6. Каким испытаниям подвергают клеевые соединения?
7. Отличие и примеры обратимых и необратимых клеев.

Тема 4. Термоусаживающиеся полимеры. Особенности технологии. Виды материалов с «эффектом памяти»

Ключевые вопросы темы

1. Термоусаживаемые материалы.
2. «Термоусадочная трубка».
3. Эффект памяти формы

Ключевые понятия: термоусаживаемые материалы, термоусадка, термоусаживаемые трубки, полиолефины, полиэтилентерефталат, эффект памяти формы,

Методические рекомендации

Термоусаживаемые материалы — материалы на основе термополимеров обладающие свойством сжиматься, расширяться, или как-то иначе изменять свои геометрические размеры и форму при нагревании горячим воздухом, открытым пламенем или в горячей воде.

Термоусаживаемые материалы получили широчайшее распространение в энергетике, электротехнике, микроэлектронике и приборостроении, машиностроении, химической, нефтегазовой, авиакосмической отрасли, судостроении. Эксплуатация изделий с использованием термоусадки происходит в разных, зачастую очень тяжелых условиях, поэтому к ним предъявляется множество технических требований, гарантирующих их надежную работу. Производятся в виде трубок различного диаметра, либо плёнки.

Наиболее важными характеристиками термоусаживаемых трубок, определяющими их условия эксплуатации, являются: электрическая прочность, стойкость к высоким и низким температурам, горючесть, стойкость к нефтепродуктам и маслам, химическая стойкость (к растворителям, щелочам, кислотам и т. д.), физические свойства (мягкость, жесткость, гибкость, прочность) и ряд других. Комбинация всех этих свойств в одной конкретно-взятой трубке практически не встречается, поэтому приходится определять наиболее важные свойства изделия для конкретного применения.

Полиолефины – это большая группа органических веществ, синтетические полимеры, продукты полимеризации олефинов. Наиболее распространенные полиолефины – полиэтилен (PE) и полипропилен (PP), а также этиленвинилацетат (EVA, сэвилен), композиция которого используется в качестве термоплавкого клея для термоусаживаемых трубок. По масштабам производства и широте областей применения полиолефины занимают 1-е место среди всех синтетических полимеров. Из полиолефинов изготавливают более 90 % всех термоусаживаемых трубок в мире.

PET – полиэтилентерефталат. Сложный полиэфир терефталевой кислоты. Один из самых недорогих полимеров. Из полиэстера изготавливают сверхтонкостенные термоусаживаемые трубки, которые поставляются в плоском виде. Трубки из PET применяются для защитного покрытия оборудования, для стягивания батарей гальванических элементов, аккумуляторов, конденсаторов, катушек индуктивности, механической защиты радиоэлектронных компонентов и т. д.

Эффект памяти формы – явление возврата к первоначальной форме при нагреве, которое наблюдается у некоторых материалов после предварительной деформации. В исходном состоянии в материале существует определенная структура. При деформации (в данном случае изгибе) внешние слои материала вытягиваются, а внутренние сжимаются (средние остаются без изменения). Эти вытянутые структуры – мартенситные пластины, необычным является то, что в материалах с памятью формы мартенсит термоупругий. При нагреве начинает проявляться термоупругость мартенситных пластин, то есть в них возникают внутренние напряжения, которые стремятся вернуть структуру в исходное состояние, т. е. сжать вытянутые пластины и растянуть сплюснутые. Поскольку внешние вытянутые пластины сжимаются, а внутренние сплюснутые растягиваются, материал в целом проводит автодеформацию в

обратную сторону и восстанавливает свою исходную структуру, а вместе с ней и форму.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое термоусаживаемые материалы?
2. Что такое термотрубка?
3. Для чего используется термоусаживаемая трубка?
4. Какую температуру может выдержать термоусадка?
5. Как работает термоусадка?
6. Что такое эффект памяти формы?

Тема 5. Каучуки. Резины. Технология применения реновационных материалов. Композиционные материалы

Ключевые вопросы темы

1. Резинотехнические изделия.
2. Натуральные и синтетические каучуки.
3. Состав резины.
4. Способы нанесения полимерных материалов.
5. Компоненты композиционных материалов.

Ключевые понятия: натуральный каучук, синтетический каучук, вулканизация, наполнители, мягчители, дробеструйные автоматы, вихревое напыление, вибровихревое напыление, газопламенное напыление, матрица композитного материала, волокнистые и слоистые КМ.

Методические рекомендации

В 1839 г. нашли способ температурной стабилизации эластичности каучука – смешиванием сырого каучука с серой и последующим нагревом. Этот метод получил название вулканизация, промышленным процессом полимеризации. Продукт, получаемый в результате вулканизации, был назван резиной. Резины делятся по назначению: маслобензостойкие, кислотостойкие, агрессивостойкие, теплостойкие, морозостойкие (температуростойкие), токопроводящие.

Резина состоит из каучука (основа), наполнителя (сажа, оксид кремния, мел, барит), мягчителя (канифоль, вазелин), противостарителя (парафин, воск) и агентов вулканизации (сера, оксид цинка). Каучуки бывают натуральные и синтетические, имеют линейную структуру. При вулканизации превращаются в высокоэластичные редкосетчатые материалы – резины. При максимальном насыщении серой (30–50 %) получают твердую резину (эбонит), при насыщении серой до 10–15 % – полутвердую резину. Обычно в резине 5–8 % серы. В зависимости от условий эксплуатации различают резины общего назначения (камеры, шины, ремни, транспортные ленты, изоляция кабелей, уплотнители) и специального (бензомаслостойкие, морозостойкие, теплостойкие) назначения.

К неорганическим неметаллическим материалам, применяемым для защиты от коррозии, относятся эмали, стекло. Эмаль – стекловидная застывшая

масса, полученная в результате расплавления кварца и других оксидов. Различают однослойное и многослойное эмалирование. Стеклоэмалевое покрытие обладает химической стойкостью и износостойкостью.

Органические полимерные покрытия обеспечивают защиту от агрессивных сред, повышает износостойкость. Должны обеспечивать хорошую адгезию, беспористость, эластичность, механическую прочность, теплостойкость. Применяются винилхлоридные, фторопластовые, полиуретановые, фенолформальдегидные, эпоксидные, каучуковые и другие покрытия.

Для подготовки поверхности изделия применяют дробеструйные автоматы и пистолеты. Для нанесения полимерных покрытий применяют установки для вихревого и вибровихревого напыления. Полимерные покрытия могут наноситься газопламенным методом – частицы полимера размягчаются в пламени, растекаются по поверхности и, застывая, образуют слой покрытия. Условиям экологической чистоты, низкой себестоимости соответствует трибостатический метод нанесения эпоксидных порошковых твердых покрытий.

Композитным материалом (КМ) или композитом называют объемную гетерогенную систему, состоящую из взаимно нерастворимых компонентов, различных по свойствам, строение которой позволяет использовать преимущества каждого из них. КМ позволяет иметь заданное сочетание разнородных свойств. КМ состоит из сравнительно пластичного материала-основы и более твердых и прочных наполнителей. В зависимости от материала основы различают КМ с металлической, полимерной и керамической основой. Наполнители подразделяют на: дисперсно-упрочненные, волокнистые и слоистые. При дисперсном упрочнении частицы блокируют процессы скольжения в матрице. Основа частиц обычно алюминиевая или титановая. Волокнистые наполнители применяют чаще всего в виде стеклянных нитей. Материалом слоистых композитов является пластмасса, металл или керамика.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие бывают каучуки по способу получения?
2. Как влияет сера на твердость резины?
3. В каких изделиях применяют резины общего и специального назначения?
4. Какими свойствами должны обладать органические полимерные покрытия?
5. Какие установки применяют для вихревого и вибровихревого напыления?
6. От чего зависят свойства композитного материала?
7. На какие типы по материалу подразделяются композитные материалы?
8. Какой материал применяют по типу упрочняющих наполнителей?

Тема 6. Технология реновации деталей лакокрасочными и порошковыми полимерами

Ключевые вопросы темы

1. Классификация лакокрасочных материалов.
2. Маркировка лакокрасочных материалов.
3. Группы красок.
4. Фактурные покрытия, грунтовки, шпатлевки, пигменты.
5. Способы нанесения лакокрасочных материалов на поверхность.
6. Определение вязкости, укрывистости и механических свойств лакокрасочных покрытий.

Ключевые понятия: пленкообразователь, масляные краски, олифы, органоминеральные краски, эмульсионные, полимерные, лаки, грунтовки, шпатлевки, пигменты, условная вязкость, укрывистость, адгезия.

Методические рекомендации

Лакокрасочные покрытия наносят для защиты конструкций и деталей от вредного воздействия атмосферы, коррозии, маслобензостойкости, огнестойкости и др. Основной компонент – пленкообразователь (олифы, природные и синтетические смолы, каучуки). В состав могут входить пластификаторы, наполнители, пигменты, отвердители, сиккативы и др.

По назначению применительно к условиям эксплуатации лакокрасочные материалы классифицируются на девять групп. Буквенно-цифровая система обозначения лакокрасочных материалов установлена ГОСТ 9825-73 и состоит из пяти групп знаков для красок, эмалей, грунтовок, шпатлевок и четырех групп знаков для лаков.

Краски – однородные суспензии пигментов и пленкообразующих веществ, подразделяются на: масляные, полимерные, эмалевые, водные и эмульсионные.

Эмали и лаки, в зависимости от пленкообразующих веществ, делятся на масляные, алкидные, полиэфирные, эпоксидные, полиуретановые, полиакриловые и др.

Шпатлевки – густые пасты с повышенным содержанием пигмента и наполнителя (для устранения неровностей на поверхности).

Грунтовки – это материал, создающий нижний выравнивающий слой лакокрасочного покрытия.

Пигменты – составная часть красок, создающая цвет лакокрасочного покрытия, его укрывистость, устойчивость к воздействию химических реагентов, высоких температур. Пигменты бывают природные (мел, мумия, сурик железный, охра, умбра, киноварь, боксит, графит) и искусственные белые – белила: цинковые, липотон, титановые, свинцовые; желтые: крон свинцовый, цинковый, стронциевый; красные: сурик свинцовый, железный, марс красный; синие: лазурь, кобальт, ультрамарин; зеленые: оксид хрома, медянка; черные: сажа, кость жженая. Металлические пигменты – порошки меди, алюминия, цинка, бронзы и др.

Способы нанесения лакокрасочного материала на поверхность:

– механизированным способом – распыление пневматическое, электростатическое распыление, гидравлическое, аэрозольное, окунание, электроосаждение;

– ручным способом – окраска кистями, валиками, шпатлевание.

Условная вязкость определяется вискозиметром ВЗ-4.

Укрывистость – это масса лакокрасочного материала (в граммах), необходимого для нанесения на 1 м² поверхности. Определяется тремя методами: визуальным – черно-белая шахматная доска; инструментальным – по коэффициенту яркости и коэффициента контрастности; с использованием ЭВМ.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое пленкообразователь?
2. Что такое краски, лаки, эмали?
3. Что такое шпатлевки, грунтовки, пигменты?
4. Компоненты (составляющие) лакокрасочных покрытий, их назначение?
5. Назначение лакокрасочных покрытий.
6. Какие существуют способы нанесения лакокрасочных покрытий?
7. Как проводятся испытания лакокрасочных покрытий?

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ

По дисциплине у студентов заочной формы обучения предусматриваются лабораторные занятия в специализированных лабораториях – для выполнения работ.

Для проведения лабораторных работ используется учебно-методическое пособие по лабораторному практикуму по материаловедению, утвержденному Ученым советом университета в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся в бакалавриате по специальности «Материаловедение», автор М. С. Калачева.

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Практические занятия проводятся с целью формирования у студентов умений и навыков выбора материала для конкретной детали. Практические занятия по дисциплине «Технологии реновации неметаллическими материалами» являются важной составной частью учебного процесса изучаемого курса, поскольку помогают лучшему усвоению курса дисциплины, закреплению знаний. В ходе самостоятельной подготовки студентов к практическому занятию необходимо не только воспользоваться литературой, рекомендованной преподавателем, но и проявить самостоятельность в поиске новых источников, связанных с темой практического занятия. Тематический

план практических (ПЗ) занятий представлен в таблице 3.

Практическое занятие 1. Неметаллические материалы

Цель практического занятия: получения практических умений и навыков характеристики неметаллических и аморфных материалов.

Практические занятия проводятся в виде семинара, на котором студенты рассматривают теоретический материал и отвечают на вопросы, поставленные преподавателем. Далее идет обсуждение вопросов темы.

Целями освоения дисциплины «Технологии реновации неметаллическими материалами» являются формирование у студентов знаний о современных неметаллических материалах, способах их получения и обработки, обучение научным основам выбора материала с учетом его состава, структуры, термической обработки и достигающихся при этом эксплуатационных и технологических свойств, необходимых для машиностроения.

Для успешного усвоения студентами курса «Технологии реновации неметаллическими материалами» необходимо знание основных курсов высшей математики, химии, физики.

У аморфных тел нет строгого порядка в расположении атомов. Только ближайшие атомы – соседи располагаются в некотором порядке. Но строгой направленности по всем направлениям одного и того же элемента структуры, которая характерна для кристаллов в аморфных телах, нет. Часто одно и то же вещество может находиться как в кристаллическом, так и в аморфном состоянии. Например, кварц SiO_2 , может быть, как в кристаллической, так и в аморфной форме (кремнезем).

Аморфные тела занимают промежуточное положение между кристаллическими твёрдыми телами и жидкостями. Их атомы или молекулы располагаются в относительном порядке. Понимание структуры твёрдых тел (кристаллических и аморфных) позволяет создавать материалы с заданными свойствами.

При внешних воздействиях аморфные тела обнаруживают одновременно упругие свойства, подобно твёрдым телам, и текучесть, подобно жидкости. При охлаждении жидкого вещества не всегда происходит его кристаллизация. При определенных условиях может образоваться неравновесное твердое аморфное (стеклообразное) состояние. В стеклообразном состоянии могут находиться простые вещества (углерод, фосфор мышьяк, сера, селен), оксиды (например, бора, кремния, фосфора), галогениды, халькогениды, многие органические полимеры. В этом состоянии вещество может быть устойчиво в течение длительного промежутка времени. Под действием механических нагрузок или при изменении температуры аморфные тела могут закристаллизоваться. Реакционная способность веществ в аморфном состоянии значительно выше, чем в кристаллическом.

Существуют вещества, которые в твердом виде могут находиться только в аморфном состоянии. Это относится к полимерам с нерегулярной последовательностью звеньев.

Неметаллические материалы – это органические, и неорганические полимерные материалы: различные виды пластических масс, композиционные материалы на неметаллической основе, каучуки и резины, клеи, герметики, лакокрасочные покрытия, а также графит, стекло, керамика. В качестве конструкционных материалов они служат важным дополнением к металлам, в некоторых случаях с успехом заменяют их, а иногда сами являются незаменимыми. Достоинством неметаллических материалов являются такие их свойства, как достаточная прочность, жесткость и эластичность при малой плотности, светопрозрачность, химическая стойкость, диэлектрические свойства, делают эти материалы часто незаменимыми.

Аморфные металлические сплавы (металлические стекла) – это металлические твердые вещества, в которых отсутствует дальний порядок в расположении атомов. Это придает им целый ряд существенных отличий от обычных кристаллических металлов. Аморфные сплавы были впервые получены в 1960 г. П. Дувезом, однако их широкие исследования и промышленное использование начались спустя десятилетие – после того, как в 1968 г. был изобретен метод спиннингования. В настоящее время известно несколько сотен аморфизирующихся систем сплавов, достаточно подробно изучены структура и свойства металлических стекол, расширяется область их применения в промышленности.

Полимерными материалами (ПМ) называются одно- или многокомпонентные системы, основу которых составляют высокомолекулярные соединения или полимеры. Состав ПМ весьма разнообразен и колеблется от почти индивидуальных полимеров до сложных систем, включающих разнообразные компоненты, регулирующие технологические и эксплуатационные свойства материала.

Для ПМ характерны широкие возможности регулирования состава, структуры и свойств, что не всегда может быть достигнуто в традиционных материалах (металлы, керамика, древесина). Поэтому многовариантность свойств обуславливает весьма широкое и многообразное использование ПМ от химических волокон и поропластов до твердого ракетного топлива.

Контрольные вопросы

1. Цели и задачи курса «Неметаллические и аморфные материалы».
2. Общая характеристика аморфных тел.
3. Неметаллические материалы.
4. Аморфные металлические сплавы.
5. Что такое полимерные материалы.

Практическое занятие 2. Классификация полимерных материалов

Цель практического занятия: получения практических умений и навыков классификации полимерных материалов

Для ПМ характерны широкие возможности регулирования состава, структуры и свойств, что не всегда может быть достигнуто в традиционных материалах (металлы, керамика, древесина). Поэтому, многовариантность свойств обуславливает весьма широкое и многообразное использования ПМ – от химических волокон и порошков до твердого ракетного топлива.

Полимерные материалы классифицируют по области их использования и назначения, природе полимерной фазы, физическим и химическим превращениям, протекающим в ней при производстве и обработке.

По использованию и назначению ПМ делятся на:

- пластические массы (пластики) и композиты;
- эластомеры (каучуки и резины);
- химические волокна и пленки;
- полимерные покрытия, клеи и герметики.

По природе полимерной фазы (матрицы) ПМ делятся на:

- природные (натуральные);
- химические (искусственные и синтетические).

По характеру превращений, протекающих в полимерной фазе на стадиях производства и переработки в изделия, ПМ делятся на:

- термопластичные;
- термореактивные.

Особые свойства ПМ:

1. Малая плотность и, как следствие, высокий условный показатель прочности («весовая прочность»), т. е. отношение временного сопротивления на разрыв к плотности превышающий аналогичный показатель лучших сортов стали.

2. Стойкость к агрессивным средам, атмосферному и радиационному воздействиям.

3. Высокие радио- и электротехнические свойства, в том числе диэлектрические показатели, мало зависящие от температуры и частоты электрического поля.

4. Широкий диапазон фрикционных и антифрикционных свойств.

5. Специфические оптические свойства, способность пропускать лучи света в широком диапазоне волн, в том числе, ультрафиолетовые (70 % для полиметилметакрилата против 1–3 % для силикатного стекла).

6. Многообразие физико-механических свойств (от жестких до упругих резиноподобных материалов) и сочетание в одном материале противоположных качеств, например, твердости и гибкости («бронированные» полимеры).

К недостаткам ПМ относятся:

- низкая теплостойкость (исключая фторопласты и кремнийорганические полимеры), она не превышает 120 °С;
- недостаточная твердость (6–60 кг/мм² по Бринеллю);
- ползучесть и релаксация напряжения;
- большое тепловое расширение;
- низкая теплопроводность, затрудняющая отвод тепла (в 500–600 раз ниже теплопроводности металлов).

Методы переработки ПМ в изделия

Методы переработки: холодное и горячее прессование, литье под давлением, вакуум-формование, заливка в форму, вспенивание, экструзия, вакуум- и пневмоформование и др., коэффициент использования материала при переработке ПМ достигает 0,95–0,98, в то время как при литье он составляет 0,6–0,8, а при механической обработке металлов всего 0,2–0,6.

Процессы изготовления изделий из ПМ являются наиболее экономичными.

В структуре общего потребления конструкционных материалов черные металлы составляли 63,7 %, цветные металлы 6,3 % и полимерные материалы около 30 %.

Потребителями ПМ стали практически все отрасли промышленности и народного хозяйства. К ним относятся:

- 1) общее машиностроение;
- 2) авиастроение;
- 3) автомобилестроение;
- 4) электротехника и радиоэлектроника;
- 5) железнодорожный транспорт;
- 6) судостроение;
- 7) строительство;
- 8) сельское и водное хозяйство;
- 9) пищевая промышленность;
- 10) медицина.

Внедрение ПМ вызвало также качественный скачок в развитии техники и технологии, определило технический прогресс в современном машиностроении, ракетной и атомной промышленности, в самолетостроении, телевидении, радиоэлектронике, восстановительной хирургии и медицине в целом и др.

Полиэтилен (–СН₂–СН₂–) n – карбоцепной термопластичный кристаллический полимер белого цвета (см. рисунок 2) со степенью кристалличности при 20 °С 0,5–0,9. При нагревании до температуры, близкой к температуре плавления он переходит в аморфное состояние. Макромолекулы полиэтилена (ПЭ) имеют линейное строение с небольшим количеством боковых ответвлений. ПЭ водостоек, не растворяется в органических растворителях, но при температуре выше 70 °С набухает и растворяется в ароматических углеводородах и галогенпроизводных углеводородов. Стоек к действию концентрированных кислот и щелочей, однако разрушается при

воздействии сильных окислителей. Обладает низкой газо- и паропроницаемостью.

Звенья ПЭ неполярны, поэтому он обладает высокими диэлектрическими свойствами и является высокочастотным диэлектриком. Практически безвреден. Может эксплуатироваться при температурах от минус 70 до 60 °С. Свойства ПЭ существенно зависят от способа полимеризации, в соответствии с чем различают ПЭ высокого давления или низкой плотности (ПЭВД) и ПЭ низкого давления или высокой плотности (ПЭНД).

Контрольные вопросы

1. Классификация полимеров.
2. Особые свойства полимерных материалов (ПМ).
3. Недостатки ПМ.
4. Методы переработки ПМ в изделия.
5. Потребители ПМ.
6. Свойства полиэтилена.

Практическое занятие 3. Структура полимерных материалов

Цель практического занятия: получения практических умений и навыков рассмотрения закономерности формирования структуры полимерных материалов

По форме макромолекул полимеры делят на линейные (цеповидные), разветвленные, плоские, ленточные (лестничные), пространственные или сетчатые.

Линейные макромолекулы полимера представляют собой длинные зигзагообразные или закрученные в спираль цепочки (рисунок 1, а). Гибкие макромолекулы с высокой прочностью вдоль цепи и слабыми межмолекулярными связями обеспечивают эластичность материала, способность его размягчаться при нагреве, а при охлаждении вновь затвердевать (полиэтилен, полиамиды и др.).

Разветвленные макромолекулы (рисунок 1, б), являясь также линейными, отличаются наличием боковых ответвлений, что препятствует их плотной упаковке (полиизобутилен).

Макромолекула *лестничного* полимера (рисунок 1, в) состоит из двух цепей, соединенных химическими связями. Лестничные полимеры имеют более жесткую основную цепь и обладают повышенной теплостойкостью, большей жесткостью, они нерастворимы в стандартных органических растворителях (кремнийорганические полимеры).

Пространственные полимеры образуются при соединении («сшивке») макромолекул между собой в поперечном направлении прочными химическими связями непосредственно или через химические элементы или радикалы. В результате образуется сетчатая структура с различной плотностью сетки.

Редкосетчатые (сетчатые) полимеры (см. рисунок 1, д) теряют способность растворяться и плавиться, они обладают упругостью (мягкие резины).

Густосетчатые (пространственные) полимеры (см. рисунок 1, г) отличаются твердостью, повышенной теплостойкостью, нерастворимостью. Пространственные полимеры: пластинчатые (*паркетные*) полимеры (рисунок 1, е).

В зависимости от *взаимной ориентации* макромолекул полимеры могут находиться в аморфном или кристаллическом состояниях. В *аморфном* состоянии полимер имеет упорядоченное строение только в пределах участков, размеры которых соизмеримы с размерами звеньев цепи макромолекул, т. е. в аморфных полимерах соблюдается ближний порядок. В *кристаллических* полимерах соблюдается не только ближний, но и дальний порядок на расстояниях, во много раз превышающих размеры звеньев цепи макромолекул полимера. В структуре реальных полимеров практически всегда содержатся как аморфная, так и кристаллическая части.

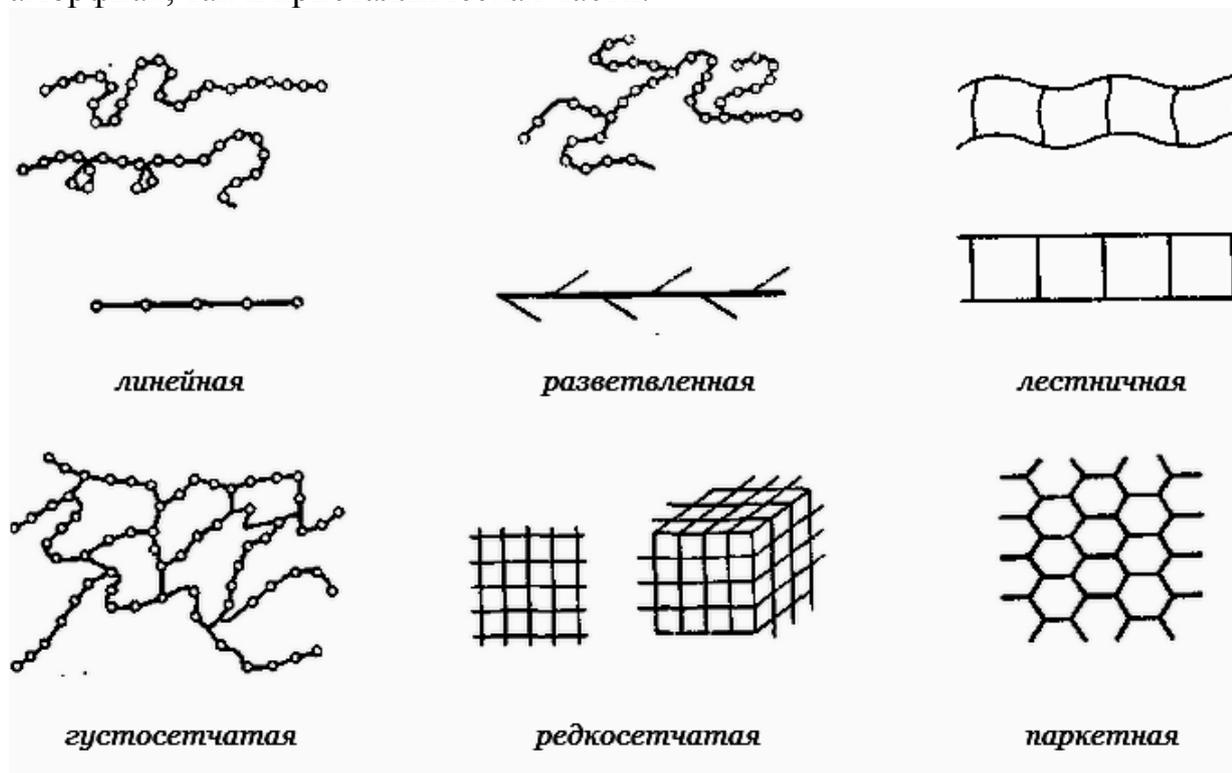


Рисунок 1. Структура полимерных молекул а) б) в) г) д) е)

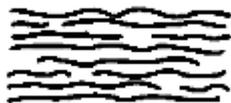
Характерными элементами надмолекулярной структуры полимеров являются *глобула* (рисунок 2, а) для аморфных структур и *пачка* (рисунок 2, б) для кристаллических. Глобула представляет собой свернутые в клубок цепи макромолекул полимера или их агрегатов. Пачка состоит из параллельно расположенных цепей, причем суммарная длина пачки, как правило, превышает длину отдельных цепей макромолекул полимера.

Аморфное состояние для большинства полимеров термодинамически более устойчиво, что определяется энергетически более выгодной формой надмолекулярного образования аморфного полимера: глобула обладает минимумом свободной энергии.

Выделяющаяся в процессе полимеризации кристаллизующегося полимера пачка макромолекул характеризуется анизотрией, поэтому энергетически выгодным является ее расположение параллельно поверхности кристаллизации. Взаимосогласованная ориентация макромолекул относительно поверхности кристаллизующихся полимеров определяет все многообразие надмолекулярных структур кристаллизующихся полимеров. Термодинамически наиболее устойчивой формой надмолекулярного образования является *сферолит* (рисунок 2, в), сформированный тангенциально расположенными пачками макромолекул. Сферолитные структуры типичны для большинства кристаллизующихся полимеров.



Глобула



пачка



сферолит

Рисунок 2. Элементы надмолекулярной структуры полимеров

На поверхностях раздела сферолитов условия контактного взаимодействия макромолекул различны. Экспериментально установлено, что прочность торцового контакта макромолекул более чем на порядок превышает прочность бокового контакта. Это открывает возможность управления прочностью кристаллизующихся полимеров.

Примером практической реализации влияния надмолекулярной структуры на прочность может служить ориентационное упрочнение полимеров. Ориентационное упрочнение полимеров наиболее широко применяется при получении искусственных волокон и пленок.

По отношению к электрическому полю (*по полярности*) полимеры подразделяются на *полярные* и *неполярные*. Полярность определяется наличием в составе полимера диполей – разобщенных центров положительных и отрицательных зарядов.

В *полярных* полимерах (рисунок 3, а) имеются полярные связи (группировки $-Cl$, $-F$, $-OH$) и не симметрия в их структуре: центр тяжести электронов сдвинут в сторону более электроотрицательного атома. Центр тяжести разноименных зарядов не совпадают. Полярные полимеры имеют повышенную прочность, жесткость, но низкую морозостойкость (хрупкость уже при минус 10...минус 20 °С). Их можно сваривать током высокой частоты.

Полярности полимера можно оценить по величине диэлектрической проницаемости ϵ . У полярных полимеров $\epsilon \geq 3,5$.



Рисунок 3. Пример полярного и неполярного полимера

Неполярные (на основе углеводородов) – высококачественные диэлектрики, обладают хорошей морозостойкостью. Дипольный момент связей атомов в неполярных полимерах взаимно компенсируется. В макромолекулах неполярных полимеров симметричное расположение групп (рисунок 3, б). Центры тяжести разноименных зарядов совпадают.

Все полимеры *по отношению к нагреву* подразделяют на *термопластичные и термореактивные*. Некоторые полимеры при нагревании плавно переходят через вязкопластическое в жидкотекучее состояние. При охлаждении отмечается также плавный переход в твердое состояние. Нагревание полимера до температур ниже температуры его термической деструкции не вызывает необратимого изменения свойств материала, что позволяет многократно повторять процесс термической обработки линейных полимеров. Такие структуры макромолекул образуют класс *термопластичных полимеров*.

Другие полимеры под действием теплоты, минуя жидкое состояние, необратимо переходят в твердое состояние и не могут использоваться повторно. Такое поведение полимеров при нагревании называют термореактивным, а сами полимеры относят к классу *термореактивных полимеров*.

Контрольные вопросы

1. Какие бывают формы макромолекул.
2. Пространственные полимеры.
3. Формы макромолекул полимеров.
4. Элементы надмолекулярной структуры полимеров.
5. Полярные и неполярные полимеры.
6. Термопластичные и термореактивные полимеры.

Практическое занятие 4. Пластические массы и композиты на их основе

Цель практического занятия: получения практических умений и навыков выявления закономерностей формирования структуры полимерных материалов, состав полимеров, методы переработки пластических масс.

Связующее вещество в композитах является обязательным компонентом. Такие простые пластмассы, как полиэтилен, вообще состоят из одного связующего вещества. Пластические массы (пластмассы) – это синтетические материалы, получаемые на основе органических и элементо-органических полимеров.

Свойства пластмасс определяются свойствами полимеров, составляющих их основу. *По составу* пластмассы могут быть простыми (термопласты – химические полимеры линейной или разветвленной структуры) и сложными (которые помимо полимеров, содержат различные добавки: наполнители, красители, пластификаторы, отвердители и т. д.).

Наполнителями служат твердые материалы органического и неорганического происхождения. Наполнители придают пластмассам прочность, твердость, теплостойкость, а также некоторые специальные свойства, например, антифрикционные или наоборот фрикционные. Кроме того, наполнители снимают усадку при прессовании.

В зависимости от наполнителя различают пресс-порошковые, волокнистые и слоистые пластмассы, а также пенопласты, когда наполнитель применяется в виде газа (воздух или нейтральный газ).

Пластификаторы представляют собой нелетучие жидкости с низкой температурой замерзания. Растворяясь в полимере, пластификаторы повышают его способность к пластической деформации. Пластификаторы вводят для расширения температурной области высокоэластического состояния, снижения жесткости пластмасс и температуры хрупкости. В качестве пластификатора применяют сложные эфиры, низкомолекулярные полимеры и др. Пластификаторы должны оставаться стабильными в условиях эксплуатации. Их наличие улучшает морозостойкость и огнестойкость пластмасс.

В состав пластмасс могут также входить стабилизаторы, отвердители, красители и другие вещества.

Стабилизаторы вводят в пластмассы для повышения долговечности. Светостабилизаторы предотвращают фотоокисление, а антиокислители – термоокислительные реакции.

Отвердители изменяют структуру полимеров, влияя на свойства пластмасс. Чаще используют отвердители, ускоряющие полимеризацию. К ним относятся оксиды некоторых металлов, уротропин и др.

Специальные химические добавки вводят с различными целями, например, сильные органические яды – фунгициды – для предохранения пластмасс от плесени и поедания насекомыми в условиях тропиков.

Смазывающие вещества (стеарин, олеиновая кислота) применяют для предотвращения прилипания пластмассы к оборудованию при производстве и эксплуатации изделий.

Красители и пигменты придают пластмассам желаемую окраску.

Для пластмасс характерны следующие свойства:

- низкая плотность (обычно 1–1,8 г/см³, в некоторых случаях (для пенопластов) 0,02–0,04 г/см³);
- высокая коррозионная стойкость;
- высокие диэлектрические свойства;
- хорошая окрашиваемость в любые цвета;
- механические свойства широкого диапазона;
- антифрикционные свойства;
- высокие теплоизоляционные свойства;
- хорошие технологические свойства.

Недостатком большинства пластмасс является их невысокая теплостойкость (100–120 °С). В настоящее время верхний температурный предел для некоторых пластмасс поднялся до 300–400 °С. Пластмассы могут работать при умеренно низких температурах (до минус 70 °С), а в отдельных случаях – при криогенных температурах. Недостатками пластмасс также являются их низкая твердость, склонность к старению, ползучесть, нестойкость к большим статическим и динамическим нагрузкам. Однако достоинства пластмасс значительно превосходят их недостатки, что обуславливает высокие темпы роста их ежегодного производства.

По характеру связующего вещества пластмассы подразделяют на термопластичные (термопласты), получаемые на основе термопластичных полимеров, и термореактивные (реактопласты), получаемые на основе термореактивных смол.

Реактопласты. Эти материалы изготавливаются на основе термореактивных смол – формальдегидных, аминокальдегидных, эпоксидных, кремнеорганических, полиамидных, полиэфиров, которые являются связующим веществом. Пластмассы с порошковым наполнителем. В качестве наполнителя применяют *древесную муку, молотые кварц, асбест, слюду, графит* и т. д. Имеют невысокие механические свойства, водостойки, химически стойки, обладают повышенными электроизоляционными показателями, устойчивы к влажному тропическому климату.

Пластмассы на основе резольных и наволочных смол с асбестовым или слюдяным наполнителем. Жаростойки и влагостойки.

Пластмассы с волокнистым наполнителем. В зависимости от наполнителя различают следующие марки пластмасс: *хлопковые очесы (волокнит) Вл, асбестовые нити (асбоволокнит) Кб, КФЗ, стеклянное волокно – стекловолокнит (АГ-4В, АГ-4С)*. Эти материалы обладают большей, чем порошковые пластмассы, ударной вязкостью и прочностью при растяжении.

Асбоволокниты. Наполнитель – асбест, связующее – формальдегидная смола. Применяют для фрикционных дисков, колодок тормозов.

Стекловолокниты. Наполнитель – стекловолокно, связующее – синтетическая смола.

Применяют для деталей любой конфигурации, работающих в диапазоне температур минус 60 °С до 200 °С. Волокниты применяют также для деталей общего технического назначения: силовые детали (шкивы, моховики, втулки), электроизоляторы.

Слоистые пластмассы (текстолиты). Наполнитель – листы различных материалов, уложенные слоями.

Текстолит. Наполнитель – хлопчатобумажная ткань, связующее – терморезистивные смолы. По назначению подразделяются на конструктивные (ПТК, ПТ, ПТМ), электротехнические (А, БГ, ВЧ), гибкие – прокладочные. Применяются для изготовления зубчатых колес, вкладышей подшипников.

Асботекстолит. Наполнитель – асбестовая ткань и до 43 % связующие смолы. Конструкционный, фрикционный и термоизоляционный материал. Применяют для изготовления лопаток бензонасосов, фрикционных дисков, тормозных колодок, в качестве теплозащитного и теплоизоляционного материала.

Стеклотекстолит. Наполнитель – стеклянные ткани из органически стекла. Обладает высокой прочностью ($\sigma_{\text{в}} > 500$ МПа), по удельной прочности превосходит металлические сплавы, коррозионностоек, теплостоек, имеет высокие диэлектрические свойства. Широко применяется в самолетостроении, электротехнике (обшивка крыльев, закрылки детали оперения и т. д.).

ДСП – древесно-слоистая пластмасса. Наполнитель – тонкие листы древесного шпона, пропитанные феноло- и крезольно-формальдегидным смолами и спрессованные в виде листов и плит.

Гетинакс. Наполнитель – бумага, основа – различные смолы.

Газонаполненные пластмассы – гетерогенные дисперсные системы, состоящие из твердой или упругоэластичной фаз. Структура этих пластмасс: эластичный полимер как связка, который образует стенки элементарных ячеек или пор с распределенной в них фазой – наполнителем – газом. Подобная структура определяет малую плотность и высокие теплоизоляционные и звукоизоляционные свойства.

Пенопласт изготавливают на основе полистирола, поливинилхлорида, фенола, эпоксидных смол, полиуретана, поролон и др. полимеров при их вспенивании в состоянии высокоэластичной деформации, т. е. при температурах, превышающих $t_{\text{с}}$ на 10–20 °С. Пенопласты имеют ячеистую структуру, газообразные наполнители отделены друг от друга и от окружающей среды тонким слоем полимера.

Пористая структура получается введением в состав смол газообразователей – $(\text{NH}_4)\text{CO}_3$, NaHCO_3 , органических порофоров (азодинитрил, подиизоцианид и др.). Пенополистирол (ПС), пенополивинилхлорид (ПВХ) способны работать до +60 °С. Фенолкаучуковые пенопласты способны работать до 120 °С. Добавки в их состав алюминиевой пудры (ФК-20-А-20) повышают рабочую температуру до 250 °С.

Используются пенопласты как теплоизоляционный материал, применяемый в холодильниках, рефрижераторах, для ударопоглощающей тары, звукоизоляторов и т. д.

Поропласты (губчатые материалы) – открытодыристая структура, система ячеек с частично разрушенными перегородками.

Сотопласты изготавливают из гофрированных листов полимера, склеенных в виде пчелиных сот. Применяются для обшивки панелей и как теплоизоляционный, электроизоляционный материал.

Свойства пластмасс зависят от состава отдельных компонентов, их сочетания и количественного соотношения, что позволяет изменять характеристики пластиков в достаточно широких пределах.

Методы переработки пластических масс.

1. Экструзия.
2. Литье под давлением.
3. Прессование (гидравлические прессы с обогреваемыми пресс-формами).
4. Вальцевание и каландрование.
5. Ротационное формование.
6. Формование пленок поливом из растворов.
7. Формование изделий из листовых термопластов.
8. Формование изделий из армированных пластиков.
9. Формование изделий из фторопластов.
10. Переработка наполненных и высоконаполненных полимеров.
11. Переработка газонаполненных пластических масс.
12. Сборка изделий из пластмасс.
13. Напыление пластмасс.
14. Металлизация изделий из пластмасс.
15. Механическая обработка заготовок и изделий из пластмасс.
16. Производство изделий спеканием и оплавлением.

Контрольные вопросы

1. Связующее вещество
2. Какие бывают наполнители?
3. Пластификаторы, стабилизаторы, отвердители, специальные химические добавки, смазывающие вещества, красители и пигменты
4. Свойства пластмасс, достоинства и недостатки
5. Чем отличаются термопласты и реактопласты?
6. Какие бывают пластмассы с волокнистым наполнителем?
7. Газонаполненные пластмассы.
8. Методы переработки пластических масс.

Практическое занятие 5. Композиционные материалы

Цель практического занятия: получения практических умений и навыков выявления закономерностей формирования композиционных материалов

Композиционными называют однородные в макрообъеме материалы, получаемые путем искусственного объединения микроскопических объемов разнородных веществ. Макрообъем конструкционных материалов (КМ) определяется габаритными размерами изготовленной из него детали и может достигать значительных величин. Например, размеры некоторых деталей химической аппаратуры из КМ, получаемых путем намотки волокнистого наполнителя со связующим, достигают 10 м и более. Дискретные элементы структуры КМ, представленные химически или физически разнородными веществами, в большинстве случаев имеют размеры до 10 мкм, а в некоторых материалах не более сотен микрометров.

Композиционные материалы состоят из непрерывной матрицы, в которой равномерно распределены дискретные или непрерывные микрообъемы наполнителя зернистой или волокнистой формы. Матрица связывает отдельные элементы наполнителя в единый монолит.

Механическая нагрузка, приложенная к КМ, воспринимается матрицей и через поверхности раздела фаз передается на элементы наполнителя. В качестве наполнителя обычно используют более прочное вещество, а матрицей должно быть более пластичное вещество. Классификация композиционных материалов по виду наполнителя: а – с зернистым наполнителем; б – с дискретным волокнистым наполнителем; в – с непрерывным волокнистым наполнителем

Упрочняющее действие наполнителя определяется его геометрической формой, а также размерами и ориентацией дискретных элементов структуры наполнителя в КМ. По геометрической форме используемого наполнителя КМ подразделяют на два класса:

- с зернистым наполнителем. Наполнитель называют зернистым при условии $l_3/d \approx 1$;
- с волокнистым наполнителем. Для волокнистого наполнителя выполняется условие $l_i/d \gg 1$ (где l_i – длина волокна, d – диаметр волокна).

Механизм упрочняющего действия зернистого наполнителя зависит от размера его зерен, исходя из которого различают КМ:

- дисперсно-упрочненные (упрочнение такого типа проявляется при размере зерен $d < 0,1$ мкм);
- порошковые (наполнитель с размером зерен $d > 1$ мкм).

В зависимости от механизма армирующего действия волокнистого наполнителя различают КМ:

- с дискретным волокном (отношение размерных параметров волокна l_i/d в этих композитах находится в пределах 10–103);
- с непрерывным волокном, удовлетворяющим условию $l_i/d \gg \infty$.

Пространственная ориентация волокнистого наполнителя, не влияя на механизм контактного взаимодействия матрицы с волокном, оказывает влияние на условия передачи напряжения в объеме детали из КМ. Рациональная ориентация волокон позволяет оптимально использовать преимущества КМ

при конструировании деталей машин, усиливая материал в наиболее нагруженных направлениях детали.

Основное назначение матрицы в КМ состоит в связывании дисперсных частиц или более крупных зерен, дискретных или непрерывных волокон наполнителя в сплошное твердое тело, а также в восприятии и равномерном перераспределении внешней нагрузки на элементы наполнителя. Для выполнения указанных функций матричный материал должен быть пластичным и обладать достаточно высокой прочностью контактного взаимодействия с поверхностью наполнителя.

В качестве матрицы КМ используется ряд материалов, имеющих и самостоятельное применение, в том числе конструкционное

Большинство металлов и полимеров вполне удовлетворяют основным требованиям, предъявляемым к матричному материалу, и получили широкое применение для создания КМ на их основе. Стекло и керамика относятся к хрупким материалам, однако они также находят применение при разработке КМ специального назначения.

Стекло наиболее широко используется в качестве матричного материала при создании дисперсно-упрочненных КМ на его основе – ситаллов. За рубежом дисперсно-упрочненное стекло получило название пирокерам. Комбинируя состав и долевое соотношение стеклянной матрицы и дисперсных частиц наполнителя получают КМ с самыми разными, в том числе резко противоположными, свойствами.

Керамика имеет самостоятельное применение в качестве высокотемпературного материала. Существенный недостаток керамики заключается в низком сопротивлении механическим и тепловым ударам. Главная цель введения наполнителя в керамическую матрицу состоит в повышении термопрочности и ударной вязкости получаемого композита. Поэтому для армирования керамики используют волокнистый наполнитель.

Создание КМ на металлической матрице преследует цель устранить такие основные недостатки металлов, препятствующие их эффективному применению в качестве конструкционного материала, как большая плотность, низкая рабочая температура эксплуатации и низкая вязкость разрушения.

В качестве матрицы КМ наиболее широкое применение получили легкие и жаропрочные металлы и сплавы. Легкие металлы и сплавы позволяют получать максимальное значение удельной прочности КМ на их основе, особенно в сочетании с низкоплотными волокнами. Это обеспечивает максимальное уменьшение материалоемкости деталей машин, что приобретает особую важность применительно к транспортным средствам.

Из легких металлов алюминий получил наиболее широкое применение, что обусловлено наряду с ценным комплексом свойств его большими природными ресурсами и соответственно большим объемом производства. К достоинствам алюминия относятся низкая плотность ($2,7 \text{ г/см}^3$) и высокая коррозионная стойкость при нормальных и повышенных температурах. Низкая температура плавления и высокая пластичность облегчают технологические

процессы его переработки. Недостатком алюминия является его низкая прочность ($\sigma_b \sim 60$ МПа). Поэтому при использовании в качестве матрицы КМ алюминий применяют преимущественно в виде сплавов с другими элементами.

Деформируемые сплавы алюминия, легированные магнием и марганцем, не подвергаются термической обработке. Это позволяет сократить время высокотемпературного контакта сплава с наполнителем в процессе изготовления КМ, т. е. уменьшить их химическое и диффузионное взаимодействие. Недостатком этой группы сплавов является их относительно низкая прочность (σ_b не более 200 МПа). Дюралюминий, основными легирующими элементами которого являются медь и магний, подвергается термической обработке. После закалки и старения прочность дюралюминия достигает $\sigma_b = 450$ МПа.

В качестве литейных сплавов широко применяются сплавы алюминия с кремнием – силумины. По механическим свойствам они уступают деформируемым сплавам, кроме того, трудно предотвратимое химическое взаимодействие алюминия с наполнителем при литье, приводит к разупрочнению армирующего волокна.

Рабочая температура алюминиевых сплавов не превышает 300 °С, однако армирование их углеродными волокнами позволяет применять получаемый КМ при температурах до 450 °С.

Для создания жаропрочных КМ представляет интерес спеченный алюминиевый порошок (САП), который сам является КМ, упрочненным дисперсными частицами диоксида алюминия, на алюминиевой матрице и обладает высокой жаропрочностью при длительном нагреве до 500 °С.

Минимальная среди металлов и сплавов конструкционного назначения плотность сплавов магния (около 1,8 г/см³) является существенным достоинством для их использования в качестве матрицы при создании КМ с высокой удельной прочностью. Следует, однако, отметить, что работы по армированию магния и его сплавов сопряжены со значительными технологическими трудностями вследствие их плохой деформируемости и наличия рыхлой оксидной пленки на магниевых поверхностях.

Титановые сплавы обладают максимальной удельной прочностью по сравнению со сплавами на основе других металлов. Получили развитие работы по армированию титана и его сплавов волокнами тугоплавких соединений. Однако широкому использованию титановой матрицы препятствуют технологические трудности введения наполнителя в матрицу.

Жаропрочные сплавы используют для изготовления ответственных деталей, работающих под нагрузкой при рабочих температурах выше 700 °С. Наибольшее развитие получили жаропрочные сплавы на основе никеля. Путем сложного легирования никелевых жаропрочных сплавов удается повысить их рабочие температуры до 1100 °С. Армирование их углеродным волокном позволяет повысить жаропрочность материала еще на 150–200 °С.

Пластичность жаропрочных сплавов вполне достаточна для передачи нагрузки на армирующую матрицу волокна, но недостаточна для проведения

процессов совместной пластической деформации с волокном. Поэтому КМ на их основе изготавливают преимущественно жидкофазными методами, т. е. процессами литья, пропитки и др.

Наряду с легкими и жаропрочными металлами и сплавами для создания КМ используют металлы и другого назначения.

Естественные наполнители. Наибольшее применение в технологии КМ находят две разновидности волокнистых наполнителей естественного происхождения – асбест и волластонит.

Таблица 4. Свойства композитов с искусственными волокнами

Материал наполнителя	Диаметр волокна мкм	σ_b , ГПа	E, ГПа	ρ , г/см ³
Сталь	150	3.5	200	7.9
Стекло	10	4.0	85	2.5
Кевлар	15	4.5	150	1.4
Углерод высокопрочный высокомолекулярный	7	5.5	300	1.8
	7	3.0	650	2.0
Карборунд	120	3.0	430	3.2
Бор	100	3.5	400	2.6
Нитевидные кристаллы корунда карбокорунда	–	30	1000	3.8
	–	40	800	3.2

Асбест – название группы силикатных минералов, обладающих волокнистым строением (диаметром до 40 нм.) Предел прочности при растяжении асбеста 3000 МПа в 5 раз превышает прочность стали 45 Волластонит (химическая формула CaSiO_3) – природный минерал, состоит из кристаллов игольчатой формы, имеющих белый цвет.

Искусственные наполнители. Усредненные характеристики искусственных наполнителей физико-механических свойств представлены в таблице 4.

Контрольные вопросы

1. Понятие о композитных материалах.
2. Общие сведения о композиционных материалах.

3. Матрица композиционных материалов: металлы, полимеры, стекло, керамика.
4. Металлическая матрица.
5. Волокнистый наполнитель композиционных материалов.

Практическое занятие 6. Нанесение полимерных покрытий вибровихревым способом

Цель занятия: получения практических умений и навыков в области освоения методов защиты металлов от коррозии при реновации путем использования органических полимерных покрытий.

Рассмотренные выше методы защиты металлов от коррозии более дороги, менее эффективны, и возможности их ограничены. Поэтому использование органических покрытий по-прежнему остается важным средством борьбы с коррозией.

Полимерные покрытия не только защищают металлы от воздействия агрессивных сред, но и повышают их износостойкость, снижая прилипаемость различных веществ к рабочим поверхностям, позволяют экономить цветные металлы и другие дефицитные материалы.

К полимерным покрытиям предъявляются высокие требования. Покрытия должны иметь хорошую адгезию к защищаемой поверхности, беспористость, эластичность, механическую прочность, теплостойкость, быть инертными к средам, с которыми они находятся в контакте.

Ни один из известных полимеров не сможет полностью удовлетворить всем перечисленным требованиям. Материалы, обладающие достаточной химической стойкостью, как правило, имеют недостаточную адгезию к защищаемому металлу. Полимерные покрытия с хорошей адгезией защищаемой поверхности часто легко разрушаются от химического и механического воздействия агрессивных сред. Лишь эпоксидные и некоторые другие полимеры удачно сочетают высокую адгезию к металлу с удовлетворительной химической стойкостью.

В различных областях промышленности для защиты внутренних поверхностей аппаратов, трубопроводов и арматуры применяются винилхлоридные, фторопластовые, пентапластовые, полиолефиновые, полиуретановые, феноло-формальдегидные, кремнийорганические, каучуковые, эпоксидные и другие покрытия.

В отличие от коррозионной стойкости металлов, характеризуемой потерей массы, химическая стойкость полимерных материалов численно обычно не выражается. О химической стойкости полимерных покрытий судят по степени набухания и разрушения пленки, потере эластичности, изменению цвета и т. д.

Перед нанесением покрытия проводится подготовка металлической поверхности (очистка и придание равномерной шероховатости для обеспечения хорошей адгезии) при помощи дробеструйной обработки. На подготовленную

поверхность наносят грунт, создающий противокоррозионный слой с обеспечением высокой прочности сцепления, как с металлом, так и с последующими слоями покрытия.

Для подготовки защищаемой поверхности изделий применяют дробеструйные автоматы и пистолеты, а также ручные реверсивные пневматические щетки. На рисунке 4 – общий вид и пневматическая схема дробеструйного автомата с дистанционным управлением. Полимерные покрытия могут наноситься как непосредственно на изделия, так и на тонколистовую полосу (coil coating).

Второй метод появился недавно, но его использование позволяет существенно снизить трудоемкость изготовления изделий. При использовании метода «coil coating», стальной лист с металлическим покрытием или без него, на специальной установке по нанесению органических покрытий в непрерывном технологическом конвейере подвергается очистке, предварительной химической обработке, и затем с помощью валков на него наносят покрытие из жидких органических материалов, которое подвергают горячей сушке, или наклеивают с помощью клеящих материалов тонкие защитные пленки из искусственных материалов.

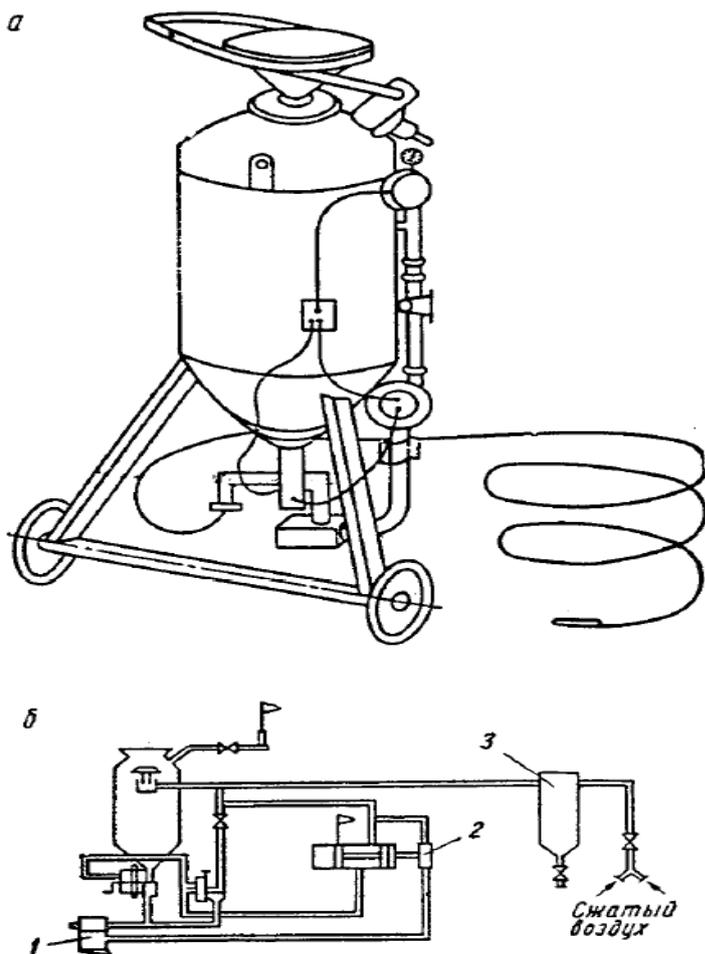


Рисунок 4. Дробеструйный аппарат с дистанционным управлением:
а – общий вид; б – пневматическая схема; 1 – запорный клапан для дистанционного управления; 2 – жиклер; 3 – фильтр-влагодетелитель

Для нанесения на поверхность полимерных покрытий и их формирования применяются различные окрасочные агрегаты, краскораспылители, красконагнетательные баки. Пневматические окрасочные агрегаты обеспечивают механическое раздробление окрасочного состава (гидродинамическое распыление).

Красконагнетательные баки осуществляют подачу лакокрасочных материалов под давлением сжатого воздуха пневматическим краскораспылителям.

Среди областей применения проката с органическим покрытием следует назвать прежде всего строительную индустрию (например, для внешнего и внутреннего применения: крыши, стены, металлические двери), производство металлических изделий из листового железа (например, для мебели, полок, карнизов, корпусов приборов различного вида), автомобильную промышленность (детали кузова, распределительные щиты), упаковочную индустрию (бочки, аэрозольные баллоны, крышки) и изоляцию труб.

Взамен гальванических, эмалевых и силикатных могут использоваться тонкослойные (0,3–05 мм) полимерные порошковые покрытия, получаемые методом вибровихревого напыления (рисунок 5). При вибровихревом способе напыления на частицы полимера одновременно воздействуют воздух под давлением и вибрация.

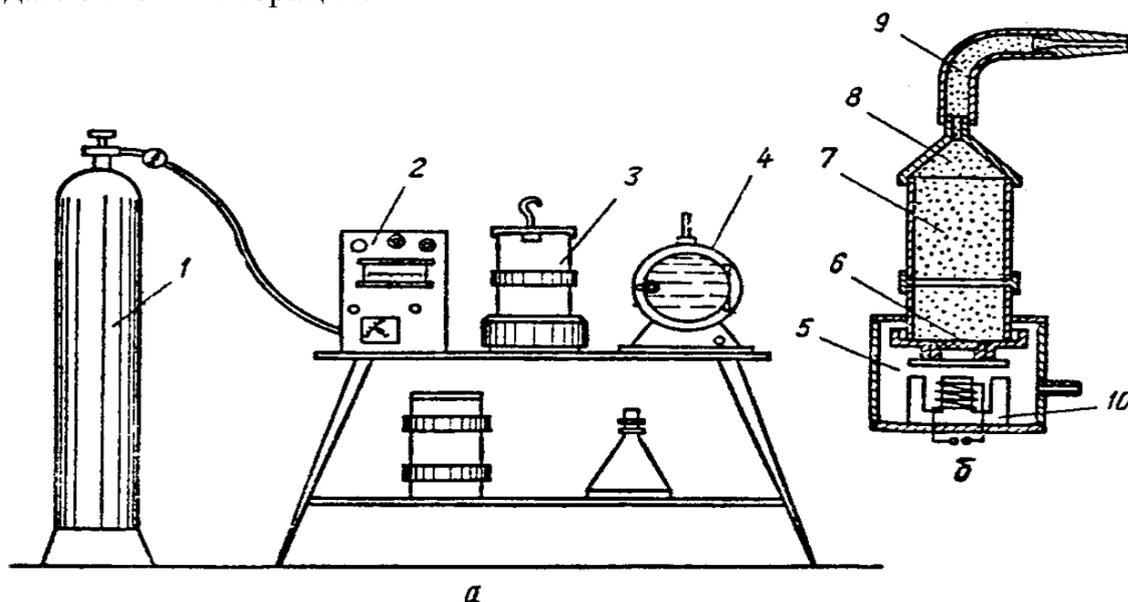


Рисунок 5. Установка для вибровихревого напыления:

- а – схема установки: 1 – баллон сжатого газа; 2 – пульт с приборами контроля и регулирования; 3 – аппарат для создания взвешенного слоя порошкообразного полимера; 4 – нагревательная печь; б – аппарат для создания взвешенного слоя порошкообразного полимера: 5 – нижний сосуд; 6 – вибрационное дно; 7 – верхний сосуд; 8 – коническая крышка сборник; 9 – распылительная насадка; 10 – электромагнитный вибратор

При этом способе аппарат вихревого напыления установлен на мембрану вибратора, которая получает вертикальное перемещение с частотой 50–100 колебаний в секунду.

Применение таких покрытий исключает использование токсичных и пожароопасных растворителей, устраняет процесс сушки после их нанесения, дает равномерное покрытие толстым слоем при одноразовом погружении в оживленный порошок. Эти покрытия обладают более высокими защитными свойствами по сравнению с покрытиями, полученными другими способами.

Полимерные покрытия могут наноситься газопламенным методом. Газопламенное напыление, называемое также пламенным или огневым напылением, заключается в том, что порошкообразная полимерная композиция наносится на металлическую или иную поверхность, предварительно подготовленную и нагретую с помощью специальной горелки автогенного типа. Частицы полимерного материала размягчаются в пламени и, попадая на нагретую поверхность, растекаются на ней, образуя при остывании слой покрытия. Покрытия необходимой толщины получают последовательным нанесением нескольких слоев полимера; выравнивание поверхности последнего слоя происходит в результате оплавления в пламени горелки без подачи порошка. Температура пламени газа, чаще всего ацетиленового, достигает 650–700 °С, но порошкообразный полимер сгорает лишь частично вследствие значительной скорости его прохождения через зону пламени (около 25 м/с).

Для напыления могут применяться порошки различных термопластов, в том числе составы на основе поливинилбутираля, битумные и каучуковые композиции. Разработан также газопламенный метод нанесения термореактивных полимеров, при котором производится спекание полимерного покрытия, а не оплавление его. Этим методом наносят составы на основе феноло-формальдегидных и эпоксидных смол с наполнителями и отвердителями.

Для напыления применяют порошки полимерных материалов с размерами частиц 0,10–0,25 мм. При нанесении покрытий малой толщины на детали сложной конфигурации используют порошок с меньшими размерами частиц. Получение покрытий с ровной и гладкой поверхностью может быть достигнуто, если порошок полимера сухой, однородный по размерам частиц. Воздушно-порошковая смесь поступает в горелку через резиновый шланг и далее попадает в зону пламени. Газовая смесь сгорает в мундштуке горелки, в центре которого расположено сопло для подачи порошка.

Метод газопламенного напыления применяют для выравнивания поверхностей при ремонте.

Контрольные вопросы

1. Какие покрытия применяются для защиты внутренних поверхностей?
2. Перечислите способы очистки защищаемой поверхности.
3. В чем заключается вибровихревой способ напыления?
4. Как происходит газопламенное покрытие полимерами?

Практическое занятие 7. Процесс трибостатического нанесения эпоксидных порошковых твердых покрытий при реновации

Цель занятия: получения практических умений и навыков в области освоения схем и способов нанесения полимерных покрытий используя трибостатический метод и вихревого напыления полимеров.

Условиям экологической чистоты, низкой себестоимости может соответствовать современный технологический процесс трибостатического нанесения эпоксидных порошковых твердых покрытий, также не требующий изготовления растворов и, следовательно, их утилизации. Для обеспечения процесса требуется следующее оборудование: источник сжатого воздуха, камера с системой отсоса воздуха, вентиль для регулировки расхода воздуха, емкость с порошковой краской, пистолет (распылитель порошка), сушильный шкаф.

Размеры сушильного шкафа и камеры определяются максимальными размерами напыляемых изделий. На рисунке 6 приведена схема нанесения покрытий трибостатическим методом.

Технологический процесс трибостатического нанесения покрытий прост и не требует специальных знаний обслуживающего персонала. Процесс включает три этапа: подготовку поверхности изделия, нанесение эпоксидной порошковой краски на поверхность и полимеризацию покрытия в сушильном шкафу.

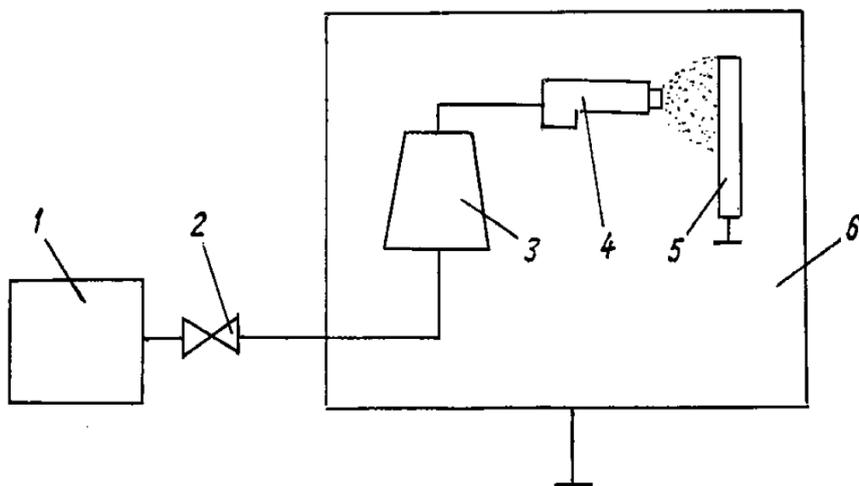


Рисунок 6. Схема процесса нанесения покрытия трибостатическим методом:

- 1 – источник сжатого воздуха; 2 – вентиль; 3 – емкость с краской;
4 – распылитель порошка; 5 – деталь; 6 – камера

Подготовка поверхности состоит из обычного обезжиривания и промывки детали. Процесс нанесения порошка осуществляется следующим образом. Из системы подачи сжатого воздуха 1 и вентиля 2 воздух поступает в

донную часть емкости 3 с порошковой краской. Перемешивая частицы краски, воздушный поток образует псевдокипящий слой, благодаря которому происходит накапливание трущимися частицами статического заряда на поверхности. Одновременно часть порошка по газовой магистрали транспортируется к пистолету 4. При прохождении порошка по стволу происходит дополнительный заряд частиц, и на выходе из канала ствола они обладают статическим зарядом в несколько киловольт.

В заземленную рабочую камеру 5 на металлических крючках подвешиваются изделия, которые имеют нулевой потенциал. Порошок, выходя из ствола пистолета, оседает за счет высокой разности потенциалов на поверхности изделия, теряя свой заряд. Неиспользованная часть порошка оседает на стенках камеры и может быть использована вторично. Изделия с нанесенным порошком переносятся в сушильный шкаф. Время между нанесением порошка и установкой изделий в сушильный шкаф может достигать до нескольких часов.

В сушильном шкафу происходит спекание порошка при температуре 150–220 °С в течение 20–30 мин. Температура полимеризации зависит от состава порошка. При установке изделий в шкаф включают вытяжную вентиляцию.

Покрываются могут наноситься на любые металлы, а также на керамику, стекло, дерево, пластмассы. Испытания покрытий на деталях из сталей Ст3 марки 20, медных и алюминиевых сплавов, керамики показали их удовлетворительную адгезивную прочность. Толщина покрытий составляла 50–150 мкм. Разброс по толщине менее 25 %.

При испытаниях покрытия показали стойкость к растворам щелочей, кислот и органическим растворителям. Водопоглощение после выдержки в воде при 20 °С в течение 24 ч составило 0,5 %. При термоциклировании образцов в интервале температур минус 60 ... 20 °С не наблюдалось отслоения и образования трещин на покрытиях.

Вихревое напыление, называемое также напылением в кипящем (псевдооживленном, взвешенном) слое, заключается в том, что предварительно нагретую деталь из металла или другого термостойкого материала помещают в аппарат с порошком полимера, находящимся во взвешенном состоянии. Частицы порошка обволакивают помещенную в аппарат деталь и, попадая на ее нагретую поверхность, плавятся и растекаются, образуя защитный слой. После удаления детали из аппарата слой полимера оплавляется под действием остаточного тепла детали или при дополнительном нагревании.

Использование для напыления порошков определенной дисперсности способствует легкому их перемещению в воздушном потоке, равномерному распределению на покрываемой поверхности и быстрому оплавлению. Преимущество процессов напыления порошков состоит в получении покрытия непосредственно из твердого полимера, минуя стадии или растворения, или диспергирования. Методом вихревого напыления или другими методами можно наносить многие термопластичные полимеры или составы на их основе в мелкодисперсном состоянии.

Нанесение порошков вихревым методом производится в аппаратах периодического действия или на поточных конвейерных линиях. Аппарат для напыления (рисунок 7) разделен на две части горизонтальной пористой перегородкой.

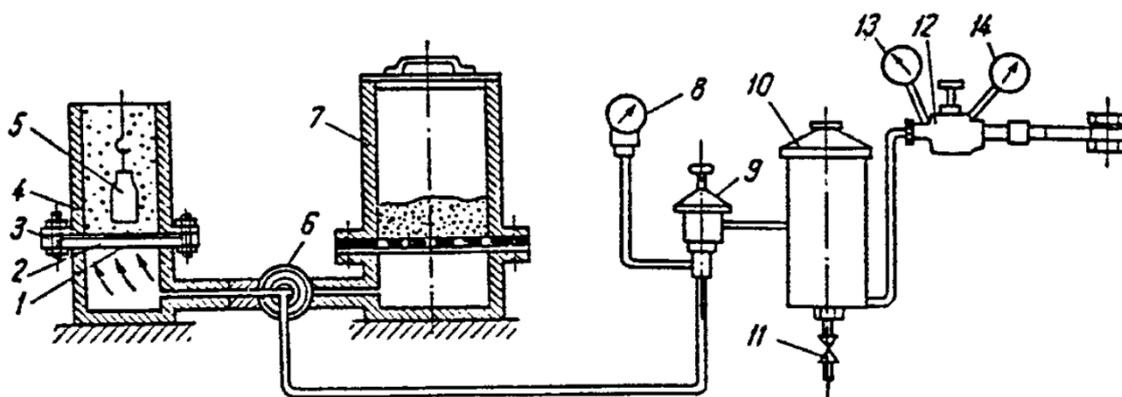


Рисунок 7. Схема установки для вихревого напыления полимеров:
 1 – поддон; 2 – пористая перегородка; 3 – защитная сетка; 4, 7 – аппарат для напыления; 5 – деталь; 6 – кран для переключения подачи воздуха; 8, 13, 14 – манометр; 9, 12 – редуктор давления; 10 – воздухоочиститель; 11 – кран для продувки воздухоочистителя

К нижней камере подведен сжатый воздух или инертный газ; верхняя камера является рабочей, в ней находится порошок полимера и помещается деталь для напыления. На пористую перегородку (которая может быть изготовлена из технического войлока, несколько их слоев стеклоткани между двумя латунными сетками, керамической пористой плиты или пористых листов из поливинилхлорида) насыпается порошок полимера, и затем из нижней камеры подается сжатый воздух или газ, пропущенный через масловодоотделитель. В верхней части аппарата может быть снабжен устройством для улавливания частиц полимера.

Воздушный поток, проходя из нижней камеры через пористую перегородку, разделяется на множество струй. Частицы полимера, подхваченные воздушным потоком, устремляются вверх и затем стремятся опуститься под действием силы тяжести. При воздействии двух противоположно направленных сил и вследствие столкновений между собой и со стенками аппарата частицы находятся в хаотическом движении, образуя кипящий или псевдооживленный слой, которому присущи многие свойства жидкости.

Вихревой метод напыления имеет ряд достоинств, к числу которых относятся простота применяемой аппаратуры, удобство ее эксплуатации,

быстрота получения покрытия на поверхности деталей, возможность механизации и автоматизации процесса нанесения. Недостатки метода: затруднительность нанесения полимеров на сравнительно большие детали и узлы, а также на детали с неодинаковой толщиной в разных сечениях; неравномерность покрытия острых кромок и углов между отдельными элементами деталей сложной конфигурации, а также внутренних поверхностей резервуаров, открытых с одной стороны.

Вихревой метод напыления получил распространение главным образом для нанесения полимеров на детали небольших размеров, не имеющих значительного количества отверстий, острых кромок и углов.

Технологический процесс нанесения покрытий в аппаратах периодического действия (рисунок 8) и на конвейерных линиях включает следующие основные операции: подготовка поверхности детали, нагрев, нанесение порошка полимера, оплавление покрытия, охлаждение детали с покрытием.

Детали до нанесения покрытия можно нагревать в электрических, газовых и терморadiационных печах, в установках с индукционным нагревом. В нагревательных устройствах должен обеспечиваться равномерный нагрев различных участков. Затраты времени на загрузку и выгрузку деталей должны быть минимальными. Предпочтительнее применять индукционные печи и печи с конвекцией горячего воздуха.

Температура, до которой нагревается деталь, должна быть выше температуры плавления полимера, но ниже температуры деструкции (разрушения структуры). Кроме того, следует обеспечить такой нагрев в деталях неравномерной толщины, чтобы температура в тонкостенных участках была несколько выше.

Температура предварительного нагрева деталей, помимо вида полимера, зависит и от формы деталей.

Ранее отмечалось, что в зависимости от поведения полимеров при нагревании различают термопластичные полимеры (термопласты) и терморреактивные полимеры (реактопласты).

К терморреактивным материалам, которые при нагревании размягчаются, а затем необратимо переходят в твердое состояние, относятся фенопласты, аминопласты и др. К термопластичным, которые многократно могут размягчаться при нагревании и затвердевать при охлаждении, – полиэтилен, полиамиды и др.

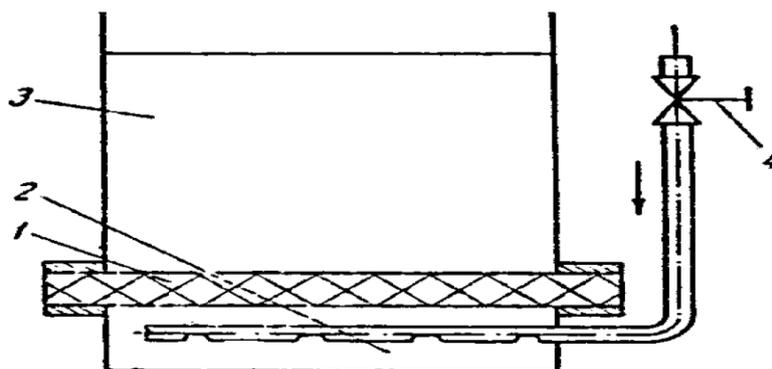


Рисунок 8. Схема аппарата для нанесения порошков полимеров вихревым способом:

1 – пористая перегородка; 2 – воздушная камера; 3 – рабочая камера с псевдооживленным порошком полимера; 4 – вентиль для подачи воздуха или газа под пористую перегородку

Полиолефиновые покрытия. К наиболее распространенным полиолефинам относятся полиэтилен, полипропилен и их сополимеры.

Покрытия из полиолефинов отличаются высокой химической стойкостью к действию многих агрессивных сред. Полиэтилен используют в качестве упаковочного материала для хранения продуктов и получения антикоррозионных покрытий. Свойства полиэтилена и полипропилена практически не меняются при воздействии концентрированными соляной и серной кислотами при 20 °С, а также растворами щелочей. Однако органические растворители при комнатной температуре вызывают некоторое набухание, а при температурах выше 100–120 °С растворяют полиолефины. Полиолефины имеют низкую проницаемость по отношению к жидким и газообразным агрессивным средам.

Полиолефины используются для нанесения покрытий почти всеми известными методами, включая напыление порошкообразных полимеров, плакирование пленками и листами, футерование, литьем под давлением, а также формирование покрытий из дисперсий в водноорганических средах.

Полиамиды. К полиамам относятся капрон и капролон. Покрытия из полиамидов обладают высокими антифрикционными характеристиками. По износостойкости при сухом и жидкостном трении полиамиды превосходят не только другие классы полимеров, но и многие металлы, применяющиеся в антифрикционных целях. Низкий коэффициент трения при высоких нагрузках позволяет использовать полиамиды в тяжело нагруженных узлах трения, о чем свидетельствуют значения коэффициентов трения покрытий из полиамидов при трении со смазкой по стали. Недостатком полиамидных покрытий является склонность к старению и значительное водопоглощение. С повышением температуры гигроскопичность возрастает. Полиамидные покрытия наносят на поверхность изделий напылением порошков, литьем под давлением, а также из растворов.

Следует отметить низкую стойкость полиамидов к окислению, что препятствует длительной эксплуатации полиамидных покрытий на воздухе при температурах выше 60–100 °С. В целях повышения термостабильности полиамидов применяют различные стабилизирующие добавки органического и минерального происхождения.

Для улучшения адгезионных и когезионных свойств, повышения эксплуатационных характеристик в покрытия из полиамидов вводят различные наполнители. Введение небольших количеств оксидов титана, меди, железа, свинца и алюминия способствует росту прочности и твердости, несущей способности и износостойкости покрытий при незначительном изменении коэффициента трения. Повышение теплостойкости и несущей способности подшипников с полиамидными покрытиями достигается введением порошков металлов (алюминия, свинца, бронзы и др.). Снижению коэффициента трения также способствует добавка фторопласта-4, дисульфида молибдена, графита.

Модифицированные покрытия на основе полиамидных слоев применяют для изготовления так их деталей, как шестерни, подшипники и т. д.

Полиамидные смолы используют для получения защитных покрытий Поливинилхлорид (ПВХ). Благодаря низкой стоимости сырья, высокой химической стойкости, хорошим физико-механическим и удовлетворительным электрическим свойствам, ПВХ является самым распространенным материалом, применяющимся для создания защитно-декоративных, химически стойких и электроизоляционных покрытий.

В состав поливинилхлоридных композиций, предназначенных для покрытий, помимо пластификаторов, входят стабилизаторы, наполнители, смазки, пигменты и другие добавки, концентрация и природа которых оказывают существенное влияние на свойства покрытий.

Материалом для покрытий в основном служит пластифицированный поливинилхлорид, реже используется непластифицированный ПВХ, типичным представителем которого является винипласт. Листовой и пленочный винипласт применяются в химической промышленности для футеровки металлической аппаратуры и трубопроводов, эксплуатирующихся в агрессивных средах.

Пластифицированный поливинилхлорид обычно наносят на поверхность обрабатываемых деталей в виде порошка или пленки.

Высокая химическая стойкость поливинилхлорида позволяет успешно использовать покрытия на его основе в агрессивных средах.

Поливинилхлорид является основным компонентом для изготовления лакокрасочных материалов. Путем обработки ПВХ получают винипласт, листы которого легко поддаются механической обработке и хорошо свариваются. Это позволяет использовать их для нанесения сплошного покрытия на фундаменты, цокольные части и другие конструкции. Поливинилхлоридный пластикат применяют как обкладочный материал для защиты аппаратуры от коррозии, устройств полов в помещениях, где требуется герметичность. Для устройства

химически стойких полов, а также для гидроизоляции используют поливинилхлоридную пленку.

Пентапласт обладает высокой водостойкостью, прочностью, низким коэффициентом трения по стали. Он стоек к воздействию грибковой плесени, устойчив к воздействию растворов щелочей, кислот и солей. Пентапласт наносят на поверхность защищаемых изделий в порошкообразном виде и из дисперсий в органических средах.

Кроме того, производится защита изделий футеровочными листами и которыми вкладышами из пентапласта.

Фторопласты. Для изготовления различных деталей и для защитных покрытий применяются фторопласт-4 и фторопласт-3.

Фторопластовые покрытия исключительно устойчивы как агрессивным средам и в этом отношении превосходят даже благородные металлы и сплавы. На покрытия из фторопласта-4 не действуют окислительные среды, включая и царскую водку, кипящие щелочи, растворы солей. Фторопластовые покрытия вполне устойчивы по отношению к жирам, маслам, влаге, кислотам и т. д. Покрытия из фторопластов применяют для защиты различных технологических емкостей.

Кремний органические полимеры отличаются многими ценными свойствами, из которых наиболее характерны термостойкость, а также стойкость к воздействию целого ряда химических агентов и растворителей. По термостойкости они значительно превосходят органические полимеры.

Кремнийорганические полимеры сравнительно инертны по отношению к большинству реагентов за исключением сильных оснований и концентрированных кислот. Разбавленные сильные кислоты и щелочи, а также слабые кислоты и основания оказывают на них незначительное действие.

К недостаткам кремний органических полимеров следует отнести их невысокую химическую стойкость к действию органических растворителей и окислительных сред.

Эпоксидные смолы в своем составе имеют реакционноспособные эпоксидные и гидроксильные группы, способные вступать в химические реакции с различными веществами с образованием более сложных соединений. При введении в них отвердителей холодного или горячего отверждения такие смолы способны переходить в неплавкое и нерастворимое состояние. В качестве отвердителей могут применяться органические и неорганические кислоты, ангидриды кислот, амины и амиды, а также синтетические смолы.

Свои ценные физико-механические свойства эпоксидные смолы приобретают при взаимодействии с отвердителями. Отвердители аминного типа выполняют функции сшивающих реагентов.

Реакционноспособные группы отвердителей взаимодействуют с эпоксидными группами смолы. Скорость процесса отверждения зависит от температуры. Некоторые отвердители реагируют со смолой при комнатной температуре, другие – лишь при нагревании. Наиболее полное отверждение полиаминами достигается при температуре выше 100 °С. Долговечность

материалов, полученных отверждением при комнатной температуре, ограничена. Материалы, полученные отверждением эпоксидной смолы при нагревании, более долговечны.

На основе эпоксидных смол изготавливают лакокрасочные материалы, применяемые для защитных покрытий. Покрытия на основе эпоксидных смол с такими наполнителями, как уголь, графит, кремнезем, кварцевая мука, измельченный мрамор, в пищевой промышленности использовать нельзя по санитарным нормам.

Для защиты сепараторов перспективны комплексные покрытия, состоящие из одного слоя грунта, двух слоев эмали и одного слоя лака на основе эпоксидной смолы. Отвержденное покрытие промывается раствором уксусной кислоты, затем раствором соды и ополаскивается водой. Полимерные покрытия на основе виниловых, каучуковых и эпоксидных смол применяются для защиты сепараторов, в которых технологические процессы протекают под избыточным давлением.

Для защиты некоторых железобетонных (бетонных) внутренних поверхностей стационарных баков используют эпоксидное покрытие, состоящее из 82 % смолы, 13 % этилового спирта и 5 % полиэтиленполиамина. Покрытие затвердевает при комнатной температуре, но для ускорения процесса повышают температуру до 70 °С. Перед нанесением покрытия железобетонная поверхность обязательно должна быть хорошо очищена, просушена и прогрета электрообогревателем любого типа. Покрытие четырехслойное, общей толщиной до 0,6–0,8 мм. Эпоксидные смолы также используют для защиты внутренней поверхности железных чанов и цистерн.

Для защиты железобетонных емкостей, применяемых для хранения пищевых продуктов, используют трехслойное эпоксидное покрытие: первый слой грунта и два покровных слоя. Сушка каждого слоя осуществляется в воздушно-сухих условиях в течение 24 ч с последующей сушкой всех трех слоев в течение 28 суток. Высушенное покрытие промывают раствором соды с последующим ополаскиванием.

Резиновые покрытия. В качестве материалов для покрытий применяются резины на основе натуральных и синтетических каучуков. В состав композиций входят стабилизаторы, вулканизирующие агенты и другие добавки. В процессе вулканизации образуется трехмерная структура, обеспечивающая покрытиям хорошие механические свойства.

Для футеровки изделий простой формы используют листовые материалы из сырой резины с последующей вулканизацией на подложке. Для защиты изделий сложной конфигурации находят применение жидкие материалы в виде дисперсий или растворов.

Высокой эластичностью и хорошими адгезионными свойствами обладают покрытия из резин на основе натурального каучука, которые используются для защиты от минеральных кислот и щелочей.

Мягкие резины в основном применяются для покрытия различных аппаратов, деталей, цистерн, труб. Они представляют собой полимерные

композиции сложного состава на основе эластомеров линейного или разветвленного строения (каучуков) в виде латексов или клеев.

Например, для футеровки емкостей внутреннюю поверхность подвергают дробеструйной обработке и оклеивают листовой смесью резины с фенолформальдегидной смолой. После этого поверхность облицовывают кислотоупорной плиткой на диабазовой замазке.

Разработку теплостойких резин ведут с учетом специфики свойств агрессивных сред. Наибольший интерес представляют жидкие силоксановые каучуки, которые обладают высокой теплостойкостью (до 250 °С) и нетоксичны.

Благодаря высокой сопротивляемости истиранию резины применяют для аппаратов, работающих с жидкостями, содержащими взвешенные вещества (насосы, трубопроводы). Иногда применяют твердые резины – эбониты. Эбониты по сравнению с резинами имеют более высокую химическую стойкость.

Контрольные вопросы

1. Преимущества трибостатического способа нанесения порошковых покрытий.
2. Схема процесса нанесения покрытия трибостатическим способом.
3. В чем заключается подготовка поверхности к нанесению покрытия?
4. Что входит в состав установки для вихревого напыления?
5. Достоинства и недостатки вихревого напыления

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Согласно учебному плану дисциплины «Технологии реновации неметаллическими материалами» направления подготовки 15.03.01 Машиностроение, студенты заочной формы обучения закрепляют изучаемый материал, самостоятельно в виде выполнения контрольной работы.

При выполнении контрольной работы студенты отвечают на пять вопросов. Задание на контрольную работу выбирается по двум последним цифрам зачетки.

Ответы на рассматриваемые вопросы должны излагаться по существу, быть четкими, полными и ясными.

При ответе на вопросы студент должен использовать не только учебную литературу, но и статьи, публикуемые в периодической печати, указывая в работе источники информации. Текстовая часть работы может быть иллюстрирована рисунками, схемами, таблицами. В конце приводится список использованных источников.

Работа должна быть выполнена на листах формата А4 с одной стороны листа, в печатном варианте. Шрифт текстовой части размер – 12 (для заголовков – 14), вид шрифта – Times New Roman, интервал 1,5. Поля страницы: левое – 3 см, правое – 1,5 см., верхнее и нижнее – 2 см. Нумерация страниц внизу справа.

Структура контрольной работы:

- титульный лист (Приложение А)
- содержание
- текстовая часть (каждый вопрос начинать с нового листа)
- список используемой литературы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.001-2003, ГОСТ 7.82-2001.

В текстовой части не допускается сокращение слов. Объем выполненной работы не должен превышать 10 листов А4.

Контрольная работа должна быть оформлена в соответствии с общими требованиями, предъявляемыми к контрольным работам:

- текст должен быть отпечатан на компьютере;
- основной текст подразделяется на озаглавленные части в соответствии с содержанием работы. Заглавия не подчеркиваются, в конце заголовка точка не ставится, переносы допускаются;
- страницы текста пронумерованы арабскими цифрами в правом верхнем углу без точек. Титульный лист считается первым и не нумеруется;
- на каждой странице оставлены поля для замечаний рецензента;
- список использованных источников оформляются по соответствующим требованиям.

Стиль и язык изложения материала контрольной работы должны быть четкими, ясными и грамотными. Грамматические и синтаксические ошибки недопустимы. Выполненная контрольная работа представляется для регистрации на кафедру, затем поступает на рецензирование преподавателю.

Положительная оценка («зачтено») выставляется в зависимости от полноты раскрытия вопроса и объема предоставленного материала в контрольной работе, а также степени его усвоения, которая выявляется при ее защите (умение использовать при ответе на вопросы научную терминологию, лингвистически и логически правильно отвечать на вопросы по проработанному материалу).

Контрольная работа с оценкой «не зачтено» возвращается студенту с рецензией, выполняется студентом вновь и сдается вместе с не зачтенной работой на проверку преподавателю. Контрольная работа, выполненная не по своему варианту, возвращается без проверки и зачета.

7. ЗАДАНИЯ ПО КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

(для студентов заочной формы обучения)

Таблица 5 – Варианты контрольной работы № 1

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
3	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
4	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
5	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42
6	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32
7	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22
8	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12
9	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2

8. ВОПРОСЫ К КОНТРОЛЬНЫМ РАБОТАМ

1. Полимерные материалы. Классификация полимеров по составу. Органические и неорганические полимеры. Привести примеры, энергию связи. Особенности свойств каждой группы полимеров.

2. Полимерные материалы. Классификация полимеров по форме макромолекул. Особенности свойств каждой группы полимеров, привести примеры.

3. Классификация полимеров по фазовому составу. Степень кристалличности, ее влияние на свойства полимера. Виды надмолекулярных структур аморфных и кристаллических полимеров.

4. Термопластичные и термореактивные полимеры. Привести примеры. Показать отличие по свойствам термопластов и реактопластов.

5. Особенности свойств полимерных материалов. Их преимущества и недостатки по сравнению с металлами.

6. Полимерные материалы. Классификация полимеров по полярности. Привести примеры. Особенности свойств каждой группы полимеров.

7. Три физических состояния полимеров. Рассмотрите особенности каждого состояния. Приведите термомеханические кривые для различных полимеров.

8. Ориентационное упрочнение полимеров. Одноосная и многоосная ориентация.

9. Опишите принципиальное отличие процесса кристаллизации полимеров и металлов. Влияние скорости охлаждения, модификаторов на дисперсность структуры, свойства.

10. Старение и деструкция полимеров. Виды деструкции. Способы предотвращения деструкции.

11. Адгезия. Когезия. Теория адгезии: адсорбционная, электрическая, диффузионная.

12. Пластмассы. Классификация пластмасс по назначению, по характеру связующего, по виду наполнителя.

13. Состав пластмасс. Цель введения и виды наполнителей, пластификаторов, отвердителей; их влияние на свойства пластмасс.

14. Три уровня структуры полимеров: молекулярный, топологический, надмолекулярный.

15. Полиэтилен. Виды полиэтилена. Термообработка. Свойства. Области применения.

16. Полипропилен. Разновидности полипропилена. Свойства. Области применения.

17. Полистирол. Сополимеры стирола. Особенности свойств. Области применения.

18. Фторопласты. Виды фторопластов. Свойства. Области применения.

19. Фторопласты в подшипниках скольжения. Металлофторопластовые подшипники. Особенности свойств. Применение.

20. Полиамиды. Виды полиамидов. Свойства. Области применения.

21. Полиамиды в узлах трения.

22. Металлопластмассовые подшипники скольжения.

23. Пластмассовые трубопроводы. Особенности свойств. Виды материалов. Области применения.

24. Зубчатые колеса из пластмасс. Виды применяемых материалов. Способы повышения долговечности.

25. Поливинилхлорид. Разновидности. Свойства. Применение.

26. Полиэфирсы. Ненасыщенные полиэфирные смолы. Премиксы. Режим отверждения. Свойства. Применение.

27. Эпоксидные смолы. Отвердители, режим отверждения. Свойства. Области применения.

28. Эпоксидные композиции для антифрикционных материалов. Виды наполнителей.

29. Эпоксидные компаунды. Состав. Свойства. Применение.

30. Армированные пластические массы. Классификация. Волокниты. Виды волокнитов. Состав, свойства, применение.

31. Слоистые пластики. Гетинакс. Текстолит. Состав, свойства, применение.

32. Стеклопластики. Классификация по виду наполнителя, по связующему. Стекловолокниты (изотропные, анизотропные). Стеклотекстолит. Свойства. Применение.

33. Анизотропный стеклопластик. Виды, свойства, применение.

34. Эластомеры. Виды каучуков и резин. Классификация. Состав, свойства. Применение.

35. Легковесные газонаполненные полимеры. Классификация по структуре, виду полимера. Способы получения. Свойства. Применение.

36. Клеи. Классификация и общие характеристики клеев. Особенности перед сваркой, клепкой. Напряжения, возникающие в клеевом соединении. Факторы, влияющие на долговечность.

37. Клеи на основе терморезактивных полимеров (эпоксидные, полиуретановые). Состав, свойства, применение.

38. Клеи на основе терморезактивных полимеров (фенолформальдегидные, полиэфирные, кремнийорганические). Состав, свойства, применение.

39. Клеи на основе термопластичных полимеров. Виды клеев. Свойства полимеров.

40. Специальные клеи (анаэробные, клеи-расплавы, электропроводящие и др.).

41. Герметики. Виды герметиков. Состав, свойства, применение.

42. Лакокрасочные материалы и покрытия. Лаки. Эмали. Грунты. Шпатлевки. Состав, применение, маркировка.

43. Лакокрасочные материалы: эпоксидные, полиэфирные (алкидные), фенолформальдегидные. Свойства. Области применения.

44. Лакокрасочные материалы: полиуретановые, перхлорвиниловые, кремнийорганические. Состав, свойства, применение.

45. Лаки и краски специальных назначений: тиксотропные, теплоотверждающие, термоиндикаторные, флуоресцентные.

46. Грунты. Виды грунтов. Преобразователи ржавчины. Применение поверхностно-активных веществ (ПАВ).

47. Неорганическое стекло. Состав, структура, свойства. Классификация стекол. Области применения.

48. Древесные материалы. Структура и свойства древесины. Классификация материалов на основе древесины.

49. Полимерные материалы с «эффектом памяти». Виды материалов. Области применения.

50. Термообработка пластмасс. Виды термообработки, назначение, области применения.

51. Резины общего и специального назначения.

9 ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Пластмассы, свойства пластмасс. Преимущества перед металлическими материалами. Недостатки пластмасс.

2. Термопластичные, термореактивные полимеры. Привести примеры. Различие в структуре, свойствах, областях применения.

3. Аморфные, кристаллические полимеры. Три состояния аморфных термопластов. Характеристика каждого состояния. Ориентационное упрочнение.

4. Термопластичные полимеры: органическое стекло, поливинилхлорид, полиамиды (капролон). Свойства, области применения.

5. Термопластичные полимеры: полиэтилен, полистирол, фторопласты. Свойства, применение.

6. Состав пластмасс. Назначение составляющих. Виды, влияние на свойства.

7. Отвердители (назначение). Виды отвердителей. привести примеры.

8. Наполнители. Цель введения в пластмассы. Виды наполнителей. Тиксотропные наполнители. Применение наполненных полимеров.

9. Пластификаторы. Назначение пластификаторов. Внешняя и внутренняя пластификации. Влияние пластификаторов на свойства полимеров.

10. Термореактивные полимеры (смолы). Виды полимеров. Структура до и после отверждения. Свойства, применение.

11. Слоистые пластмассы: стеклотекстолиты, текстолиты, гетинакс, древеснослоистые пластики (ДСП). Технология их применения при процессах реновации.

12. Газонаполненные пластмассы. Классификация по строению, виды связующего. Свойства, области применения..

13. Резины. Каучуки. Особенности свойств резин, их состав, классификация. Технология применения.

14. Покрытия на основе порошкообразных полимеров. Виды покрытий. Особенности формирования структуры полимеров. Применение покрытий.

15. Лакокрасочные покрытия. Состав лаков. Грунты. Методы очистки поверхности. Поверхностно-активные вещества, преобразователи ржавчины. Факторы, влияющие на свойства покрытий. Применение.

16. Лакокрасочные материалы. Способы нанесения, сушки. Механические свойства.

17. Лаки. Эмали. Краски. Грунты. Маркировка. Технологические свойства.

18. Клеи, виды клеев. Преимущества, недостатки клеевых соединений перед сваркой, клепкой. Факторы, влияющие на качество клеевого шва. Области применения клеев. Герметики.

19. Клеи холодного и горячего отверждения. Обратимые, необратимые клеи. Примеры. Отличия в свойствах, областях применения. Виды напряжений в клеевом шве.

20. Составы для «холодной» сварки: эпоксидные, анаэробные, полиэфирные и др. Особенности технологии при реновации деталей.

21. Полимеры с «эффектом памяти» – термоусаживающие полимеры (ТУП). Виды полимеров. Особенности технологии применения.

22. Способы намотки ТУП при ремонтных работах. Виды испытаний. Термоусаживающиеся полимеры под влиянием действия света.

10. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Материаловедение в машиностроении: учебник / А. М. Адашкин, Ю. Е. Седов, А. К. Онегина [и др.]. – Москва: Юрайт, 2012. – 536 с. – ISBN 978-5-9916-1654-6.
2. Бондаренко, Г. Г. Материаловедение: учебник / Г. Г. Бондаренко, Т. А. Кабанова, В. В. Рыбалко; под ред. Г. Г. Бондаренко. – 2-е изд. – Москва: Юрайт, 2013. – 360 с. – ISBN 978-5
3. Плошкин, В. В. Материаловедение: учеб. пособие / В. В. Плошкин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Юрайт, 2013. – 464 с. – ISBN 978-5-9916-2480-4.
4. Солнцев, Ю. П. Материаловедение: учебник / Ю. П. Солнцев, Е. И. Пряхин. – 3-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург: ХИМИЗДАТ, 2004. – 736 с. – ISBN 5-93808-075-4.
5. Технические свойства полимерных материалов: учеб.-справ. пособие / В. К. Крыжановский [и др.]. – Санкт-Петербург: Профессия, 2003. – 239 с. – ISBN 5-93913-051-8.
6. Калачева, М. С. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учеб.-метод. пособие / М. С. Калачева; Калинингр. гос. техн. ун-т. – Калининград: КГТУ, 2015. – 174 с.
7. Калачева, М. С. Материаловедение. Раздел «Неметаллические материалы»: метод. указания по выполнению лабораторных работ / М. С. Калачева. – Калининград: КГТУ, 2013. – Ч. 3. – 2013. – 72 с.
8. Материаловедение: метод. указания по выполнению лаб. работ для студентов вузов всех техн. специальностей / М. С. Калачева; Калинингр. гос. техн. ун-т. – Калининград: КГТУ, 2008 – Разд.: «Неметаллические материалы». – 2008. – 97 с.
9. Правдин, Ю. Ф. Документы текстовые, учебные. Общие требования к содержанию, построению и оформлению: учеб.-метод. пособие для студентов, обучающихся в бакалавриате по направлению подгот. 150700 Машиностроение и специальности 151001.65 Технология машиностроения / Ю. Ф. Правдин, В. Ф. Усынин, Т. П. Колина; Калинингр. гос. техн. ун-т. – Калининград: КГТУ, 2013. – 70 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Калининградский государственный технический университет»

Институт агроинженерии и пищевых систем

Кафедра _инжиниринга технологического оборудования

Контрольная работа

допущена к защите

Руководитель _____

(уч. степень, звание,
должность)

_____ И.О. Фамилия

«__» _____ 202__ г.

Контрольная работа

защищена

Руководитель _____

(уч. степень, звание, должность)

_____ И.О. Фамилия

«__» _____ 202__ г.

Контрольная работа № _____

(указывается, если по дисциплине более 1 работы)

по дисциплине

«Технологии реновации неметаллическими материалами»

Шифр студента _____

Вариант № _____

Работу выполнил:

студент гр. _____

_____ И.О. Фамилия

«_____» 202__ г.

Калининград 202__

Локальный электронный методический материал

Валерий Сергеевич Бедарев

ТЕХНОЛОГИЯ РЕНОВАЦИИ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИМИ
МАТЕРИАЛАМИ

Редактор С. Кондрашова
Корректор Т. Звада

Уч.-изд. л. 4,3. Печ. л. 3,4.

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Калининградский государственный технический университет».
236022, Калининград, Советский проспект, 1