На правах рукописи

КОРОБЩИКОВА ТАТЬЯНА СЕРГЕЕВНА

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ МОДИФИКАЦИЕЙ ВОЛЛАСТОНИТОМ

Специальность 05.16.09 – Материаловедение
(в машиностроении)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Барнаул - 2012

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования Бийском технологическом институте (филиале) «Алтайского государственного технического университета» им. И.И. Ползунова

Научный руководитель: Орлова Наталья Алексеевна кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции, процессов и аппаратов химической технологии

Официальные оппоненты: Ишков Алексей Владимирович, доктор технических наук, профессор кафедры технологии конструкционных материалов и ремонта машин (ФГБОУ ВПО «Алтайский аграрный университет», г. Барнаул)

Луговой Анатолий Николаевич, кандидат технических наук, начальник конструкторского отдела (ООО «Бийский завод стеклопластиков», г. Бийск)

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кузбасский государственный технический университет» (г. Кемерово)

Защита состоится «28» мая 2012 г. в 13-00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.004.07 в «Алтайском государственном техническом университете им. И.И. Ползунова» (656038, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46), E-mail: berd50@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова»

Автореферат разослан «27» апреля 2012

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.004.07
кандидат технических наук, доцент А.А. Бердыченко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Разработка и применение композиционных материалов на основе термопластичных и реактопластичных связующих, упрочненных природным волластонитом, с высокими эксплуатационными свойствами и новыми функциональными возможностями является важным фактором в решении экономических проблем, таких как освоение природного сырья Сибири, создание новых материалов и ресурсосберегающих технологий в машиностроении. Создание полимерных композиционных материалов (ПКМ) на основе природного волластонита экономически целесообразно, что обусловлено его низкой стоимостью (по сравнению с другими дисперсными наполнителями) и наличием месторождений минералов волластонита в Сибирском регионе.

Отличительной особенностью волластонита является наличие игольчатых форм кристаллов, характеризующихся определенным отношения длины к диаметру ($l/d>1$) – фактором анизотропии, который и определяет эффективность применения волластонита в качестве упрочняющего компонента ПКМ. Как известно, среднее напряжение, передаваемое на дискретное волокно длиной l, пропорционально касательным напряжениям, развиваемым в полимерном связующем. Величина этих напряжений определяется отношением l/d и природой связующего. Однако, стоит отметить, что в применяемом в настоящее время волластоните, игольчатая структура не выделяется в самостоятельную фракцию, и эффект от ее введения ранее не оценивался.

Таким образом, актуальным направлением исследований, на сегодняшний день, является выявление в волластоните фракций с определенным отношением l/d и оценка их влияния на структуру и свойства различных связующих, применяемых в производстве ПКМ функционального назначения.

Актуальность и практическая направленность работы подтверждается финансовой поддержкой исследований Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (Федеральная программа У.М.Н.И.К., государственный контракт № 6351р/8726 от 10.11.2008, № 6351р/8726 от 10.11.2008).

Цель работы: исследование закономерностей влияния гранулометрического состава и фактора анизотропии волластонита на физико-механические характеристики ПКМ.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи:**

– исследование свойств наполнителя – волластонита Синюхинского месторождения (гранулометрического состава и фактора анизотропии - l/d), а также их изменения при ультразвуковой обработке;

– исследование закономерностей влияния фактора анизотропии (l/d) волластонита на физико-механические и технологические свойства эмульсионного поливинилхлорида (ПВХ), как полимерной основы защитных и декоративных покрытий в машиностроении;

– исследование закономерностей влияния гранулометрического состава и

фактора анизотропии *l/d* волластонита на структуру, физико-механические и эксплуатационные свойства разработанного ПКМ.

– разработка антикоррозионного покрытия на основе волластонита и эпоксидной смолы с улучшенными физико-механическими и эксплуатационными свойствами.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования являются: полимерные композиции на основе эпоксидной смолы ЭД-20 и эмульсионного ПВХ, наполненные природным волластонитом Синюхинского месторождения (ООО «МКК Сейка», с. Сейка, Чойского р-на, Республики Алтай) – Воксил М 100, Воксил М 300, Воксил М 1000. В качестве основных методов исследования использовались метод ситового анализа, седиментационный метод (ГОСТ 19283-93), метод оптической счетной микроскопии. Математическую обработку экспериментальных данных проводили методом наименьших квадратов с помощью пакета статистических функций MS Excel.

Научная новизна работы. На основе проведенных экспериментальных исследований:

1. Разработан метод определения фракционного состава наполнителя с игольчатой формой частиц, совмещающий в себе элементы ситового, седиментационного и микроанализа анализ.

2. Показана возможность измельчения волластонита ультразвуком. Выявлено, что при частоте ультразвуковых колебаний 22,5 кГц, мощность 200 Вт, интенсивность 3,5 Вт/см^2, времени воздействия от 30 до 90 мин в водной среде с 0,5–1,0 % ПАВ в волластоните Воксил М 100 происходит изменение фактора анизотропии *l/d* с 5−6 до 7−8 при времени выдержки 60 минут и 8−10 при времени выдержки 90 минут.

– 3. Установлены закономерности влияния фактора анизотропии *l/d* волластонита на физико-механические и эксплуатационные свойства наполненных композиций на основе поливинилхлорида и эпоксидной смолы. Выявлено, что при наполнении волластонитом эпоксидного связующего его прочность и модуль упругости при изгибе не зависят от фактора анизотропии *l/d*. Введении волластонита с *l/d*=16–18 в термопластичную матрицу эмульсионного ПВХ в количестве 30 % приводит к увеличению прочности при разрыве. Введение волластонита в модифицированную акриловым сополимером эпоксидное связующее (на основе ЭД-20) приводит к увеличению прочности при отрыве на 80–100 %, а прочность при сдвиге на 15–20 %.

Научная и практическая значимость.

Научная значимость работы состоит в расширении знаний о влиянии волластонита на механические свойства дисперсно-упрочнённых композиционных материалов.

Практическая значимость работы заключается в разработке антикоррозионного защитного покрытия на основе эпоксидной смолы ЭД-20 – на данную композицию получен патент РФ № 2405012, а также установлением закономерностей, позволяющих регулировать ряд физико-механических характеристик полимерных материалов на основе наполнителя с анизотропной

формой частиц, за счет изменения его фактора анизотропии.

Научные положения, выносимые на защиту:

– результаты определения гранулометрического состава волластонита марок Воксил М 100, М300, М 1000 совмещением трех методов (ситового анализа при размере частиц более 50 мкм, седиментационного анализа при размере частиц менее 50 мкм, оптической счетной микроскопии для частиц менее 5 мкм);

– результаты исследования влияния фактора анизотропии *l/d* волластонита на физико-механические свойства наполненной композиции на основе ПВХ, показывающие, что при изменении *l/d* от 2–4 до 10–12 максимальные значения прочности при разрыве и модуля упругости достигаются при использовании фракции с фактором анизотропии *l/d* = 10-12;

– результаты исследования влияния фактора анизотропии волластонита на физико-механические свойства полимерной композиции на основе эпоксидной смолы ЭД-20, показывающие, что максимальная прочность как при сдвиге, так и при отрыве достигается при введении фракции волластонита с фактором анизотропии *l/d* = 5-6;

– зависимость физико-механических характеристик полимерной композиции на основе модифицированной эпоксидной смолы ЭД-20 от содержания наполнителей с различной формой частиц, показывающие, что максимальное значение прочности, как при сдвиге, так и при отрыве достигается при содержании волластонита 10 %.

Апробация работы. Материалы работы представлены на инновационной смене Всероссийского Форума «Селигер-2010». Разработка в виде опытных образцов антикоррозионной композиции была представлены на выставке в 2010 году «Бийск: строительство, энергетика, ЖКХ, газификация», на выставке «Ярмарка изобретений. Алтайский край - 2011».

Основные положения и научные результаты, составляющие содержание диссертационной работы, обсуждались на научно-практических конференциях: II-й Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Полимеры, композиционные материалы и наполнители для них («Полимер-2011»)», Четвертой Международной школе-семинаре «Высокотемпературный синтез новых перспективных наноматериалов (СВС-2008) (г. Барнаул, 2008), молодежном научно-техническом форуме «Сибирь – химия, инновации, технологии» Института катализа им. И.И. Борескова СО РАН (Новосибирск, 2009), Всероссийской научно-технической и методической конференции «Современные проблемы технической химии» (Казань, 2009), Всероссийском инновационном форуме «Современные тенденции химической технологии и теплоэнергетического комплекса» (Технологии XXI века) (Бийск, 2011).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 18 печатных работ, в том числе работ, опубликованных в изданиях, определённых Высшей аттестационной комиссией РФ – 2, получен патент РФ на изобретение.

Объем и структура работы. Диссертация изложена на 150 страницах печатного текста, содержит 35 рисунков, 19 таблиц; состоит из введения, пяти

глав, заключения, списка литературы, включающего 109 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, определены цели и задачи работы, сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава работы посвящена анализу перспектив развития полимерных композиционных материалов. Представлен ассортимент дисперсных минеральных наполнителей для ПКМ и общие требования, которыми необходимо руководствоваться при выборе новых минеральных наполнителей. Показано влияние наполнителей на технологические и эксплуатационные свойства ПКМ. Анализ литературных данных показывает, что перспективным минеральным наполнителем для создания ПКМ является волластонит, имеющий игольчатую форму кристаллов, но до настоящего времени не изучено влияние фактора анизотропии на физико-химические, технологические и эксплуатационные свойства ПКМ на основе данного наполнителя. Это явилось основой для определения целей и задач экспериментальной части исследования данной работы.

Вторая глава посвящена подробному описанию объектов и методов исследования. В связи с тем, что частицы волластонита имеют неправильную форму, и мельчайшие частицы, которые могут проходить в ячейки сита, должны быть оценены особенно тщательно. Поэтому для оценки гранулометрического состава волластонита использовали комплексную методику, основанную на методе ситового анализа, методе седиментации и методе оптической микроскопии. Последний позволяет наблюдать действительные частицы, их размеры и форму. Использование комплексных методов анализа позволило определить отношение длины к диаметру частиц (*l/d*).

Физико-механические характеристики (прочность при разрыве, модуль упругости) ПКМ на основе термопласта определяли на разрывной машине ПИРС-9М в соответствии с ГОСТ 11262-80. Физико-механические характеристики (прочность при изгибе, модуль упругости) ПКМ на основе реактопласта проводили по ГОСТ 4648-71 и ГОСТ 25.604-82.

Третья глава посвящена исследованию гранулометрического состава волластонита вышеуказанными методами. Выбор данных методов опирается на проведенные ранее исследования сотрудниками Томского госуниверситета, которые исследовали применимость методов весовой гравитационной седиментации и микроскопического анализа при определении гранулометрического состава волластонита. В данных экспериментах помимо обычного микроскопического анализа проводился анализ частоты попадания игл с разным отношением *l/d* в зависимости от их диаметра. Установлено, что это частотное распределение хорошо описывается уравнением для грубодисперсного состава: $\frac{l_M}{d_M} = 22,3 d_M^{-0,4}$, а соотношение между

седиментационным и микроскопическим диаметрами носит линейный характер и описывается уравнением: $d_M/d_S = 1{,}4$.

Методом ситового анализа были получены кривые распределения частиц по размерам волластонита марок Воксил М100, М300 и М1000. Волластонит данных марок является грубодисперсным порошком и фракционный состав разных марок различен. Так, у волластонита Воксил М100 преобладают частицы с микроскопическим диаметром d = 40 мкм, у Воксила М300 d = 120 мкм, у Воксила М1000 d = 400 мкм.

Далее был проведен пересчет микроскопического диаметра (d_m) в седиментационный и определен фактор анизотропии *l/d*. При этом параллельно с результатами седиментации использовали данные микроскопического анализа. Из микроскопических исследований становится очевидным, что в силу природных особенностей минерала при разрушении толщина образуемых игл кратна по размеру толщине минимальной иглы, равной 5 мкм. Обработка экспериментальных данных для определения связи средневзвешенного по числу частиц диаметра от длины частиц показана на рисунке 1.

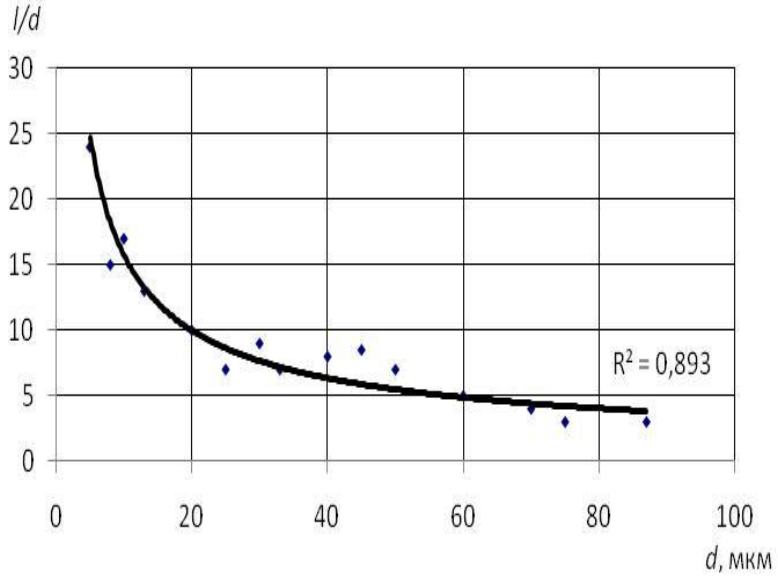


Рисунок 1– Зависимость отношения *l/d* частиц волластонита марки Воксил М100 от их диаметра d

Как видно из рисунка 1, несмотря на колебания, эта зависимость носит экспоненциальный характер. Наличие колебаний можно объяснить недостаточной представительностью частиц в отдельных диапазонах по данным микроскопического анализа. Анализ рисунка показывает, что волластонит Воксил М100 имеет преимущественно частицы с отношением *l/d* = 5-6. Аналогично было установлено, что Воксил М300 имеет преимущественно частицы с отношением *l/d* = 8–10, а Воксил М1000 – 12.

Результаты по диспергированию волластонита в водной среде посредством ультразвукового воздействия показали, что измельчение в течение 60 минут приводит к уменьшению размера частиц основной фракции. Дальнейшее увеличение времени диспергирования приводит к возрастанию,

как содержания основной фракции, так и отношения *l/d*. Так, для волластонита марки Воксил М100 отношение *l/d* при измельчении в течение 30 минут равно 5-6, при измельчении в течение 60 минут - 7–8 и при измельчении в течение 90 минут отношение *l/d* составило 8–10.

Таким образом, экспериментальные исследования позволили выделить фракции волластонита с различным отношением *l/d*.

Введение волластонита в ПКМ является актуальным также и в плане снижения себестоимости, улучшения технологических свойств (снижение вязкости), и повышение эксплуатационных характеристик (прочность на разрыв и изгиб, предельная разрывная деформация).

Четвертая глава посвящена оценке влияния отношения *l/d* волластонита на свойства ПКМ на основе термопластичного поливинилхлорида (ПВХ). Базовая рецептура на основе ПВХ включает в себя 30 % карбоната кальция. Результаты исследования замены $CaCO_3$ на волластонит в композиции на основе ПВХ представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-механические характеристики связующего на основе ПВХ в зависимости от содержания волластонита

Физико-механические характеристики	Содержание волластонита, %		
	-	15	30
Прочность при разрыве, МПа	20±2	24±2	65±6
Предельная разрывная деформация, %	30±2	37±3	52±5

При введении волластонита в связующее ПВХ в количестве до 15 % прочность при разрыве увеличивается на 20 % по отношению к композиции, наполненной мелом. Полная замена $CaCO_3$ на волластонит приводит к увеличению прочности при разрыве в три раза. При этом расчетная предельная разрывная деформация увеличивается почти в два раза. Экспериментальные исследования влияния *l/d* на вязкость связующего ПВХ (таблица 2) показали, что минимальная вязкость 68 Па×с реализуется при введении волластонита с *l/d* равным 6–8. Для сравнения вязкость связующего ПВХ, содержащего волластанит марки Воксил М 100 составляет 100 Па×с.

Дальнейшие исследования влияния отношения *l/d* волластонита проводили с содержанием последнего в композиции в количестве 30 %. Проведенные эксперименты по влиянию волластонита с различным отношением *l/d* на прочность при разрыве и предельную разрывную деформацию ПКМ на основе ПВХ (таблица 3) показали, что увеличение отношения *l/d* с 6–8 до 16–18 приводит к увеличению прочности при разрыве на 27 % и уменьшению предельной разрывной деформации на 17 %.

Таблица 2 – Влияние отношения *l/d* волластонита на вязкость связующего ПВХ

Отношение *l/d* волластонита	Вязкость связующего ПВХ, Па×с
6–8	68
10–12	84
15–16	92
16–18	98

Сопоставляя экспериментальные данные таблиц 2 и 3 можно заключить, что удовлетворительные результаты по вязкости связующего ПВХ и прочностные характеристики ПКМ на его основе обеспечиваются при использовании волластонита с отношением *l/d,* равном 10–12. Что и может быть рекомендовано для ПКМ на основе термопластичного полимера.

Таблица 3 – Физико-механические характеристики связующего ПВХ, наполненного волластонитом с вариацией отношения *l/d*

Наименование характеристик	*l/d* и значения характеристик			
	l/d 6–8	*l/d* 10–12	*l/d* 15–16	*l/d* 16–18
Прочность при разрыве, МПа	60±3 / 20±2*	67±3 / 20±2	75±5 / 20±2	82±6 / 20±2
Предельная разрывная деформация, %	60±3 / 30±3	57±3 / 30±3	55±3 / 30±3	50±3 / 30±3

*Значение в знаменателе – значение с 30 % содержанием $CaCO_3$ в базовой композиции

Пятая глава посвящена исследованию влияния содержания волластонита с различным отношением *l/d* на свойства ПКМ, где в качестве полимерной основы выступает реактопласт - эпоксидно-диановая смола ЭД-20.

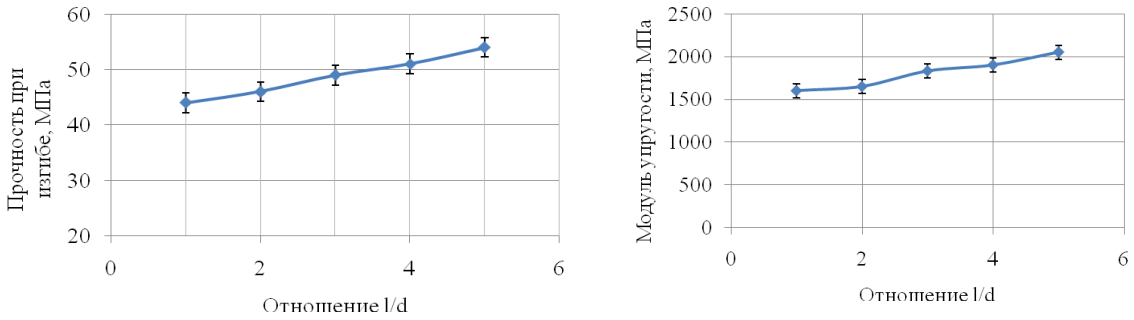
Подобные ПКМ могут рассматриваться как перспективные антикоррозионные покрытия. Результаты исследования (таблица 4) показали, что наилучшие значения прочности при изгибе и расчетной предельной разрывной деформации обеспечивается при содержании волластонита 10%. Это содержание рекомендовано для дальнейших исследований.

Таблица 4 – Зависимость прочности при изгибе и предельной разрывной деформации ЭД-20 от содержания волластонита

Содержание волластонита, %	Прочность при изгибе, МПа	Предельная разрывная деформация, %
0	22±2	16±1
5	42±4	23±2
10	61±6	44±4
15	37±3	49±5

При введении в эпоксидно-диановую смолу ЭД-20 волластонита с различным отношением *l/d* (рисунок 2) установлено, что при увеличении *l/d* не

происходит существенного увеличения прочности при изгибе и модуля упругости.



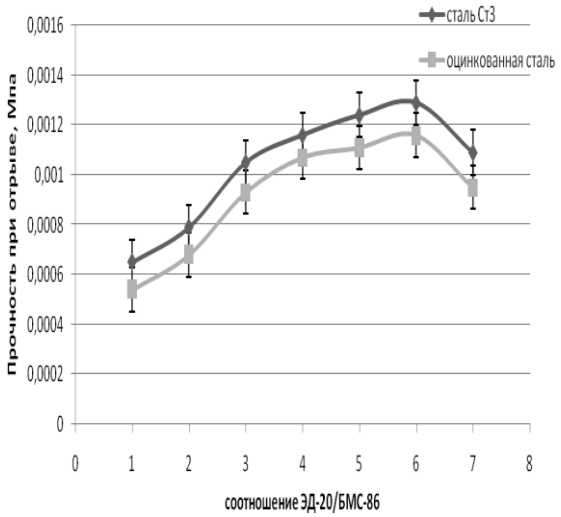
а) б)

Рисунок 2 – Зависимость прочности при изгибе (а) и модуля упругости (б) эпоксидно-диановой смолы ЭД-20 от *l/d*

Поэтому для дальнейших исследований ПКМ на основе ЭД-20 использовали нефракционированный волластонит марки Воксил М100.

В ходе работы, на основе эпоксидной смолы и волластонита разработано антикоррозионное защитное покрытие для металлических конструкций. При разработке подобных составов значимую роль играет адгезия покрытия к материалу, на который он наносится.

Одним из способов повышения адгезионных характеристик (прочности при отрыве) является модификация полимерной матрицы за счет введения в ее состав другого полимера. В работе в качестве полимерного модификатора был выбран акриловый сополимер БМС-86, который термодинамически несовместим с эпоксидной смолой ЭД-20. Выбор массовой доли акрилового сополимера проводили посредством определения прочности при отрыве композиции без наполнителя от подложки. В качестве материала для нанесения покрытия использовали сталь Ст3 и оцинкованную сталь.



1-20/80; 2-30/70; 3-40/60; 4-50/50; 5-60/40; 6-70/30; 7-80/20

Рисунок 3 – Зависимость прочности при отрыве от соотношения эпоксидиановая смола/акриловый сополимер

Результаты экспериментов показали, что максимальная прочность при отрыве обеспечивается при соотношении эпоксидиановая смола/акриловый сополимер – 70/30. Далее работу проводили при найденном соотношении.

Сравнительный анализ влияния концентрации волластонита в немодифицированной и модифицированной смоле на прочность при отрыве (таблица 5) позволил определить, что в обоих случаях значения прочности при отрыве изменяется незначительно и находится в пределах погрешности измерения.

Поскольку рассматриваемые составы могут быть использованы как антикоррозионное покрытие с клеевыми свойствами (в качестве праймера), то они должны обладать прочностью при сдвиге.

Экспериментальные исследования влияния концентрации волластонита на прочность при сдвиге (таблица 6) покрытий на основе немодифицированной и модифицированной смолы свидетельствуют о том, что с увеличением концентрации волластонита прочность при сдвиге существенно увеличивается. Так, как максимальная прочность при отрыве наблюдается на стали Ст3 (таблица 5), то и прочность при сдвиге определяли с использованием этого материала.

Таблица 5 – Прочность при отрыве ПКМ на основе ЭД-20 в зависимости от содержания волластонита

Содержание волластонита	Прочность при отрыве, МПа			
	Не модифицированная смола		Модифицированная смола	
	Сталь Ст 3	Оцинкованная сталь	Сталь Ст 3	Оцинкованная сталь
0	2±0,2	2±0,2	13±1,0	12±1,0
5	4±0,4	4±0,4	9±0,9	8±0,8
10	6±0,6	5±0,5	11±1,1	9±0,9
15	5±0,5	5±0,5	11±1,0	9±0,9

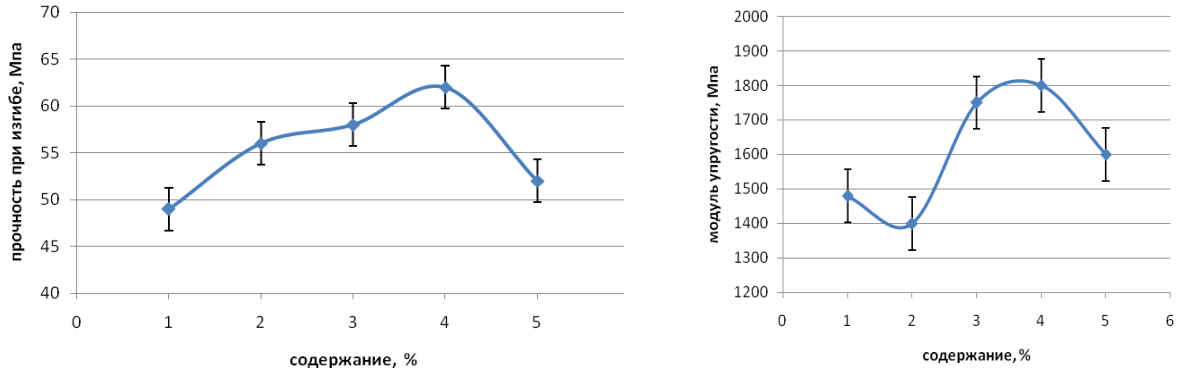
Таблица 6 – Прочность при сдвиге ПКМ на основе ЭД-20 в зависимости от содержания волластонита

Содержание волластонита	Прочность при сдвиге, МПа	
	Модифицированная смола	Не модифицированная смола
0	89±8	81±8
5	107±10	105±10
10	129±12	221±22
15	147±14	139±13

Максимальное значение прочности при сдвиге получено при концентрации волластонита 15 %. Однако, как было отмечено выше, при концентрации волластонита свыше 10 % прочность при изгибе существенно уменьшается. В связи с этим для рассматриваемого состава рекомендуется использовать модифицированную смолу с содержанием волластонита не более 10 %. На разработанное антикоррозионное покрытие получен патент РФ № 2405012.

Следует отметить, что при практическом использовании разработанного состава были выявлены и некоторые недостатки. В частности, покрытие обладает высокой твердостью и низкой укрывистостью.

Данный факт обусловлен игольчатой структурой основного наполнителя – волластонита. С целью минимизации этого недостатка в работе предложено заменить часть волластонита на наполнитель, имеющий сферическую форму частиц. В качестве такого наполнителя нами рекомендован кремнезем с размером частиц 0,1–0,4 мкм. Есть предположения, что частицы сферической формы заполняют более крупные пустоты полимерной матрицы, уплотняя и укрепляя ее. Экспериментально показано (рисунок 4), что при введении кремнезема отмеченные незначительные увеличения прочности при изгибе, и уменьшение модуля упругости по сравнению с составом на волластоните.



1 – 20/80, 2 – 40/60, 3 – 50/50, 4 – 60/40, 5 – 80/20

Рисунок 4 – Зависимость предела прочности (а) и модуля упругости (б) при изгибе эпоксидной смолы, наполненной волластонитом и микрокремнеземом в различном соотношении

Максимальные прочность при изгибе и модуль упругости соответствует процентному соотношению волластонит/кремнезем – 60/40. Совместное использование наполнителей игольчатой и сферической формы позволяет улучшить эксплуатационные и прочностные свойства ПКМ на основе модифицированной эпоксидно-диановой смолы.

ВЫВОДЫ

1. Предложено использовать волластонит Синюхинского месторождения марок Воксил М100, М 300, М 1000 в качестве наполнителя ПКМ на основе термопластичной и термореактивной матриц, для которых определен гранулометрический состав и установлено, что волластонит марки Воксил М100 имеет преимущественно частицы с фактором анизотропии l/d = 5–6, Воксил М300 l/d = 8–10, Воксил М1000 l/d = 12.

2. Показано, выявлено, что измельчение волластонита с помощью ультразвука (частота 22,5 кГц, мощность 200 Вт, интенсивность 3,5 Вт/см^2, время воздействия от 30 до 90 мин в водной среде с 0,5–1 % ПАВ) оказывает влияние на фактор его анизотропии l/d, увеличивая его для волластонита

Воксил М 100 с 5–6 при измельчении 30 минут, 7–8 при измельчении 60 минут и до 8–10 при измельчении 90 минут.

3. Установлено, что при введении волластонита в термопластичную матрицу эмульсионного ПВХ партии Е-6623-2С наблюдается увеличение прочности при разрыве с ростом фактора анизотропии волластонита. Максимальные значения данного параметра достигаются при введении в ПКМ фракции марки Воксил М 300 с *l/d* 16 – 18 в количестве 30 % (масс.).

4. Физико-механические характеристики эпоксидного связующего, наполненного волластонитом (прочность и модуль упругости при изгибе), не зависят от фактора анизотропии последнего, при этом оптимальное содержание волластонита составляет 10 %.

5. Установлено, что введение волластонита в модифицированную акриловым сополимером эпоксидное связующее (на основе ЭД-20) приводит к увеличению прочности при отрыве на 80–100 %, а прочность при сдвиге на 15–20 %.

6. Установлено, что при совместном использовании волластонита и кремнезема в составе ПКМ на основе ЭД-20 при их массовом соотношении 60/40 повышается прочность и модуль упругости при изгибе на 10–25 и 25–30 %, соответственно.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. **Коробщикова, Т.С. Влияние оптимального соотношения наполнителей на физико-механические характеристики эпоксидных покрытий** [Текст] / Н.А. Орлова, Т.С. Коробщикова // Пластические массы. – 2011. – № 6. – С.40–43.

2. **Орлова, Н.А. Моделирование механических свойств лакокрасочного материала, наполненного волластонитом** [Текст] / Н.А. Орлова, Т.С. Коробщикова // Лакокрасочные материалы и их применение. – 2011. – № 1-2. – С.62–64.

3. **Коробщикова, Т.С. Оценка влияния гранулометрического состава волластонита на свойства композиционных материалов** [Текст] / Т.С. Коробщикова, Н.А. Орлова // «Полимеры, композиционные материалы и наполнители для них (Полимер-2008)»: материалы II-й Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2008. – С. 100–103.

4. **Коробщикова, Т.С. Разработка рецептуры и режимов получения олифы из побочных продуктов коксохимического производства** [Текст] / Т.С. Коробщикова, Т.Н. Болгова, Н.А. Кудинова // «Полимеры, композиционные материалы и наполнители для них (Полимер-2008)»: материалы II-й Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2008. – С. 28–29.

5. **Коробщикова, Т.С. Использование природного минерала Синюхинского месторождения в сухих строительных смесях** [Текст] / Т.С. Коробщикова, Н.А. Орлова // «Строительство: материалы, конструкции, технологии»: Материалы I Всероссийской (VII) конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2009. – С. 135–138.

6. **Коробщикова, Т.С. Разработка и исследование антикоррозионного покрытия наполненного волластонитом** [Текст] / Т.С. Коробщикова, Н.А. Орлова // «Химия и химическая технология в XXI веке»: Материалы X Юбилейной всероссийской научно-практической конференции аспирантов и студентов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – С. 32.

7. **Коробщикова, Т.С. Регулирование адгезионных свойств эпоксидного покрытия модификацией связующего силикатным наполнителем** [Текст] / Т.С. Коробщикова, Н.А. Орлова, Д.И. Дементьева, Ю.Н. Денисов // «Прикладные аспекты химической технологии полимерных материалов и наносистем (Полимер-2009)»: материалы III-й Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2009. – С. 57–62.

8. **Коробщикова, Т.С. Исследование влияния волластонита на свойства композиционных материалов** [Текст] / Т.С. Коробщикова, Н.А. Орлова // «Сибирь – химия, инновации, технологии»: материалы молодежного научно-технического форума. – Новосибирск: Изд-во Института катализа им. И.И. Борескова СО РАН, 2009. – С. 13–14.

9. **Коробщикова, Т.С. Оценка влияния волластонита на свойства композиционных материалов** [Текст] / Т.С. Коробщикова, Н.А. Орлова // «Инновационные технологии: производство, экономика, образование»: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2009. – С. 357–358.

10. **Коробщикова, Т.С. Исследование гранулометрического состава волластонита Синюхинского месторождения и его влияния на свойства наполненных полимерных композиций** [Текст] / Т.С. Коробщикова, Н.А. Орлова // Лакокрасочные материалы и их применение. – 2010. – №5 – С. 26–29.

11. **Пат. 2405012 РФ, МПК C 09 D 5 / 08 (2006.01). Антикоррозионная композиция** [Текст] / Орлова Н.А., Дементьева Д.И., Коробщикова Т.С.; заявитель и патентообладатель Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. – № 2009107660/05; заявл. 03.03.2009; опубл. 27.11.2010. – Бюл. № 33.

12. **Коробщикова, Т.С. Оценка влияния способа и продолжительности измельчения волластонита на его фактор анизотропии** [Текст] / Т.С. Коробщикова, Н.А. Орлова // «Прикладные аспекты химической технологии полимерных материалов и наносистем» памяти Белоусова А.М. (Полимер-2010)»: материалы IV-й Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2010. – С. 79–83.

13. **Коробщикова, Т.С. Исследование влияния фактора анизотропии волластонита на физико-механические характеристики термореактивного полимера** [Текст] / Т.С. Коробщикова, Н.А. Орлова // «Прикладные аспекты химической технологии полимерных материалов и наносистем» памяти. Белоусова А.М. (Полимер-2010)»: материалы IV-й Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2010. – С. 83–86.

14. **Коробщикова, Т.С. Влияние реологических добавок на свойства лакокрасочных материалов** [Текст] / Т.С. Коробщикова, Н.А. Орлова, А.А. Бормышева // «Современные тенденции химической технологии и теплоэнергетического комплекса» (Технологии XXI века): материалы Всероссийского инновационного форума. Бийск, 2–4 июня 2011 года. – Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2011. – С. 20.