

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
КЫРГЫЗСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. И. РАЗЗАКОВА

На правах рукописи
УДК 553.2+539.4

Айдаралиев Жанболот Качкынбаевич

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ И СВОЙСТВА
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА
ОСНОВЕ БАЗАЛЬТА

Специальность: 05.17.06.-Технология и переработка полимеров и композитов

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Бишкек- 2005

Работа выполнена на кафедре Механики и мехатроники Кыргызского национального технического университета им. И. Раззакова

Научный руководитель: Член.-корр. НАН КР, доктор технических наук, профессор Ормонбеков Т.О.

Официальные оппоненты:
-доктор физико-математических наук, профессор Макаров В.П.
-доктор технических наук, профессор Мавлянов А.С.

Ведущая организация: Кыргызский научно-исследовательский и проектный институт строительства

Защита диссертации состоится "25" марта 2005 года в "15⁰⁰" часов на заседании Диссертационного Совета Д01.05.267 по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора (кандидата) наук в Кыргызском национальном техническом университете им. И. Раззакова по адресу: 720044, Кыргызская Республика, г. Бишкек, пр. Мира-66.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета

Автореферат разослан "24" февраля 2005 года

Ученый секретарь диссертационного Совета, к.т.н., доцент

Иманкулова А.С.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В настоящее время требования, предъявляемые к свойствам материалов, стали крайне разнообразными ввиду того, что условия эксплуатации материалов стали более жесткими и сложными. В качестве примера можно указать следующие свойства, которые могут потребоваться от материала: прочность, коррозионная стойкость, износостойкость, легкий вес, долговечность, термостойкость, теплопроводность, звукопроницаемость, красивый внешний вид и т.д. Вполне естественно, что, используя простые материалы, очень трудно удовлетворить в достаточной степени указанным выше требованиям. Именно поэтому возникла идея использования соответствующих сочетаний материалов, позволяющих получить заданные свойства.

Надежный контроль теплового режима жилых и производственных помещений, эффективность работы энергоемких технологических установок требует применения современных теплоизоляционных материалов. Основные требования, предъявляемые к этим материалам: стойкость при высоких температурах, пожарная безопасность (негорючесть), отсутствие газовыделения при нагреве, низкая плотность и долговечность в условиях переменных тепловых и климатических нагрузок. Наиболее перспективными теплоизоляционными материалами являются композиционные материалы и изделия на основе базальтового волокна.

Несмотря на достигнутые успехи, на сегодняшний день отсутствуют научные разработки и технологии, на основе которых с использованием базальтовых супертонких волокон выпускались бы высокоэффективные мягкие и полумягкие композиционные плиты для теплоизоляции тепловых агрегатов, машин и конструкций.

Целью диссертационной работы является создание новых и с новыми технико-экономическими характеристиками композиционных материалов.

Для достижения поставленной цели были определены следующие основные задачи:

- исследование сырья, используемого в технологии получения базальтового волокна и изделий из него;
- создание теории композитов, армированных базальтовыми волокнами;
- согласно теоретическим основам композитов, создание новых композиционных плит на основе базальтовых супертонких волокон с заданными свойствами;
- исследование технологических и физико-механических параметров композиционных плит;
- опытно-промышленная проверка результатов исследований.

Научная новизна предлагаемой работы состоит в том, что в ней:

1. Разработаны теоретические основы создания композитов, армированных базальтовыми волокнами;
2. Выявлены кривые изменения удельной прочности и удельных модулей упругости нескольких материалов (сталь, алюминий, титан и др.). Ус-

Установлено, что создание композитов, основанных на использовании базальтового волокна, позволяет получить такие удельные прочности, которые в значительной степени превосходят удельные прочности указанных выше материалов;

3. Впервые для строения композита в случае, когда упругие деформации являются изотермическими, введено понятие упругого потенциала W . Обосновано, что изучение упругого поведения композита сводится к определению модулей упругости определяющего уравнения;
4. Предложен практический способ смесей на основе закона линейной аддитивности;
5. Выполнена оптимизация базальтоволоконистых композиций с целью получения теплоизоляционных плит и получены уравнения зависимости между основными физико-механическими параметрами;
6. Впервые разработан технологический режим получения теплоизоляционных композиционных плит на основе базальтового супертонкого волокна.

Значение исследований для науки и практики заключается в создании нового композиционного материала из местного базальта. Результаты работы внедрены в ОсОО "Вулкан" (г. Бишкек). Потенциальными потребителями результатов разработки могут быть научные и инженерно-технические работники, НИИ, предприятия стройиндустрии, заводы строительных теплоизоляционных изделий.

Апробация работы. Результаты исследований были заслушаны, обсуждены и одобрены на международных конференциях: «Современные проблемы химической технологии» (г. Фергана, Узбекистан, 1998г.), «Использование нетрадиционных методов техники и технологии» (г. Фергана, Узбекистан, 1999г.), «Технологии и перспективы современного инженерного образования, науки и производства» (г. Бишкек, 1999г.), на V Российско-китайском международном симпозиуме перспективных материалов и технологий «Фундаментальные проблемы новых материалов и технологии XXI века» (г. Томск, Россия, 1999г.), на международной научной конференции «Проблемы образования и науки» (г. Нарын, 2001г.), на республиканской научно-технической конференции «Перспективы и пути комплексного развития малых городов КР» (г. Кызыл-Кия, 2002г.), на международной научно-практической конференции «Состояние и перспективы технико-экономического развития Кыргызстана», посвященной 2200-летию Кыргызской государственности (г. Бишкек, 2003г.), на международной научно-технической конференции «Энергосбережение - проблемы, современные технологии и управление», посвященной 2200-летию Кыргызской государственности и 70-летию д.т.н., профессора А.С. Джаманбаева (г. Бишкек, 2003г.), на международном научно-техническом симпозиуме «Образование через науку», посвященном 50-летию ФПИ-КТУ им. И. Разакова (г. Бишкек, 2004г.). Экспонаты разработок демонстрировались на республиканских выставках (1998-2003гг.).

Публикации. Основные результаты диссертации опубликованы в работах [1-15].

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, основных выводов и приложения. Объем текстовой части составляет 158 страниц и приложение на 9 страницах. В диссертации содержится 27 рисунков, 30 таблиц, список использованной литературы из 187 названий.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дается краткий обзор литературы, обосновывается актуальность темы диссертации, формулируются цель и задачи исследования, показаны научная новизна и практическая ценность работы.

В первой главе проведен систематический обзор по исследованию базальтового сырья.

В странах СНГ и зарубежной практике в качестве армирующего материала для композиционных материалов, в том числе и строительного назначения, применяются стеклянные непрерывные волокна, которые обладают высокой прочностью, устойчивостью к знакопеременным нагрузкам и тепловым ударам, коррозионной стойкостью, долговечностью.

Однако существенным недостатком производства стеклянных непрерывных волокон следует считать необходимость использования шихты из дорогих материалов, таких как кварцевый песок, сода, сульфат натрия, борсодержащие компоненты и другие. В настоящее время имеется технология получения супертонких и непрерывных волокон из широко распространенных горных пород типа базальтов.

Базальтовое сырье и изделия на его основе в Кыргызской Республике изучались в ряде работ, принадлежащих, главным образом, чл.-корр. НАН КР, д.т.н., проф. Т.О. Ормонбекову. Вместе с тем, в данной области остаются еще не изученные или недостаточно изученные вопросы, представляющие значительный научный и практический интерес. К ним относятся проведение систематического анализа базальтового сырья, используемых технологий получения базальтовых волокон и изделий из них.

Анализ сырья проведен в следующем порядке: изложены требования к качеству сырья для получения стекломассы; предложена классификация наиболее значимых месторождений базальтов и диабазов в Кыргызской Республике; даны методологические основы комплексной оценки базальтовых и диабазовых месторождений.

Анализируются несколько месторождений базальтов (Кен-Кол, Кашка-Суу, Талды-Булак и др.). Из них актуально и экономически выгодно для Кыргызстана использование в качестве исходного сырья базальтов Сулу-Терека, запасы которого разведаны в количестве 1,4101 млн. м³.

Приведены методы физико-химического исследования состава и свойств базальта. Далее определены химический состав базальтов Сулуте-

Сулутерекского месторождения. По данным рентгеноструктурных исследований базальты Сулутерекского месторождения состоят из лабрадора, авгита, кальцита, хлорита, магнетита, гематита, бастнезита и рентгеноаморфной части (около 25%).

Во второй главе создается теория композитов армированными базальтовыми волокнами.

Анализируются соотношения между удельной прочностью (σ/ρ) и удельным модулем упругости (E/ρ) для различных материалов (табл. 1).

Таблица 1
Механические показатели различных материалов

Материалы	Алюминий	Титан	Сталь	Бериллий	Стекло Е	Стекло S	Углерод	Бор	Базальтовое волокно
σ/ρ , $\times 10^6$ см	2,36	4,18	5,40	9,47	13,80	19,74	14,3-20	13,65	14,6
E/ρ , $\times 10^6$ см	2.733	2.493	2.689	16.666	2.897	3.525	11.4-14.3	16.37	3.14

Изучены различные типы стекловолокна (стекло Е, С, S, А) и проведено сопоставление их свойств. Стекло Е представляет собой бесщелочное алюминиборосиликатное стекло, которое обладает хорошими электроизоляционными свойствами и теплостойкостью. Это стекло широко используется в различных конструкциях. По содержанию кремнезема и глинозема, образующих основу стеклообразующей сетки, базальты наиболее близки к Е-стеклу (для стекла Е содержание кремнезема - 52,2%, глинозема - 14,8%, а для стекла базальтов Сулутерека - соответственно 49,57% и 17,85%).

Сравнение физико-механические показатели различных материалов показало, что область расположения композитов значительно удалена от начала координат в сравнении с обычными материалами.

К изучению процесса деформирования композита применен первый и второй закон термодинамики. Предполагается, что процесс деформирования тела термодинамически обратим, тогда состояние тела однозначно определяется термодинамическими переменными.

Доказана, что в случае адиабатического и изотермического процессов упругим потенциалом служит работа внешних сил, и она может быть определена из равенства

$$dA = \sigma_{kr} de_{kr} = \frac{\partial A}{\partial e_{kr}} de_{kr}, \quad (1)$$

где величины $\frac{\partial A}{\partial e_{kr}}$ линейны и однородны относительно компонентов тензора деформации e_{kr} .

В случае деформирования твердого тела изотермически, $\sigma_{kr} = \frac{\partial A}{\partial e_{kr}}$, тогда обобщенный закон Гука записывается в следующем виде

$$\sigma_{ij} = C_{ij}^{mn} e_{mn}. \quad (2)$$

При получении композитов могут быть использованы самые различные сочетания материалов матрицы и наполнителя. Поэтому следует учитывать, что рассмотрение композита с точки зрения механики зависит от материалов, из которых он построен.

В общем случае следует считать, что композиты изотропны и однородны. Если рассматривать эти материалы с макропозиций, то можно считать, что они представляют собой однородные анизотропные вещества. Воспользуемся этим допущением. Положим, что имеем дело с однородным телом, для которого зависимость между напряжениями и деформациями в декартовой прямоугольной системе координат x, y, z может быть представлена в следующем виде:

$$\begin{bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \\ \tau_{yz} \\ \tau_{zx} \\ \tau_{xy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_{11} & E_{12} & E_{13} & E_{14} & E_{15} & E_{16} \\ E_{21} & E_{22} & E_{23} & E_{24} & E_{25} & E_{26} \\ E_{31} & E_{32} & E_{33} & E_{34} & E_{35} & E_{36} \\ E_{41} & E_{42} & E_{43} & E_{44} & E_{45} & E_{46} \\ E_{51} & E_{52} & E_{53} & E_{54} & E_{55} & E_{56} \\ E_{61} & E_{62} & E_{63} & E_{64} & E_{65} & E_{66} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ \gamma_{yz} \\ \gamma_{zx} \\ \gamma_{xy} \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Величины E_{ij} представляют собой модули упругости. Упругим потенциалом служит работа внешних сил (1). В случае, когда упругие деформации являются изотермическими, введем вместо обозначения A упругий потенциал и обозначим через W . Используя этот потенциал, напряжение можно записать как производную энергии деформирования по деформации

$$\frac{\partial W}{\partial \varepsilon_x} = \sigma_x, \quad \frac{\partial W}{\partial \varepsilon_y} = \sigma_y, \quad \frac{\partial W}{\partial \varepsilon_z} = \sigma_z. \quad (4)$$

Если принять во внимание

$$\frac{\partial \sigma_y}{\partial \varepsilon_x} = \frac{\partial \sigma_x}{\partial \varepsilon_y}, \quad \frac{\partial \sigma_x}{\partial \varepsilon_z} = \frac{\partial \sigma_z}{\partial \varepsilon_x}, \quad (5)$$

то для рассматриваемых модулей упругости справедливо условие симметрии $E_{ij} = E_{ji}$. (6)

Если плоскости симметрии упругости расположены под прямым углом (рис. 1, а), то имеем дело с ортотропным материалом. Возможен пред-

представленный на рис. 1, б случай, при котором в одной плоскости симметрии во всех направлениях характеристики остаются одними и теми же. В случае бесконечно большого числа плоскостей полагаем, что композиционный материал является изотропным.

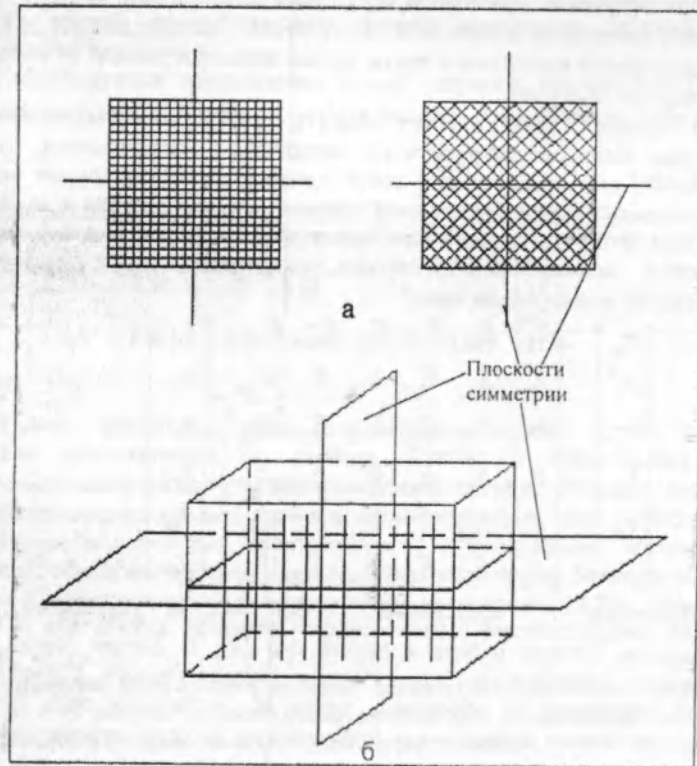


Рис. 1. Схематическое представление композита, армированного волокном.

При определении плотности, модуля упругости, предела прочности и других параметров композиционного материала будем пользоваться свойством линейной аддитивности. Правило смесей можно представить на основе линейного аддитивного закона $y = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots$. При рассмотрении композита на границах раздела матричной и дисперсной фаз в процессе деформирования указанные фазы идеально связаны. Для определения модуля упругости и предела прочности воспользуемся следующей зависимостью, которая используется как для параллельного, так и последовательного строения компо-

зитов

$$Y^n = V_A X_A^n + V_B X_B^n, \quad (7)$$

причем $n=1$ соответствует строению с параллельными связями, а $n=-1$ - строению с последовательными связями; Y - физическая величина композита в целом; X_A, X_B - физические величины фаз, составляющих композит; V_A, V_B - объемные содержания этих фаз.

В данных случаях композит, армированный волокном, является слоем армирующего материала и матричным слоем.

Положим, что направление действия нагрузки параллельно направлению волокна и что распределение напряжений и деформаций в указанных слоях является равномерными. В рассматриваемом случае деформации двух слоев являются одинаковыми. Если принять это во внимание, приближенные зависимости для определения плотности, модуля упругости и напряжения базальтовых композитов представляются в виде

$$\begin{aligned} \rho_k &= \alpha \rho_f V_f + \rho_m V_m, \\ E_c &= \beta E_f V_f + E_m V_m, \end{aligned} \quad (8)$$

$$\sigma_c = \gamma \sigma_{fu} V_f + (\sigma_m) \varepsilon_{fu} V_m$$

где ρ_f и ρ_m - плотности соответственно для волокна и матрицы; E_f и E_m - модули упругости первого рода соответственно для волокна и матрицы; E_c и σ_c - модуль упругости первого рода и разрушающее напряжение для композита; σ_{fu} - разрушающее напряжение для волокна; $(\sigma_m) \varepsilon_{fu}$ - напряжение в матрице, соответствующее разрушающей деформации волокна; V_f и V_m - объемные содержания волокна и матрицы; α, β и γ - коэффициенты, зависящие от расположения волокна (при однонаправленном упрочнении примерно равны 0,5, а при случайном расположении базальтовых волокон примерно равны 3/8).

При рассмотрении композитов, армированных непрерывными волокнами, обычно модуль упругости волокна имеет очень высокие значения по сравнению с модулем упругости матрицы. На основании этого можно использовать допущение о том, что для композитов, армированных непрерывными волокнами, можно не принимать во внимание напряжения, действующие в матричной фазе. Такое допущение использовано в теоретической работе Кокса. При этом приняты также следующие условия: волокно является длинным и имеет прямолинейную форму (влиянием диаметра волокна можно пренебречь); нагрузка действует только на концах волокна; изгибной жесткостью волокна можно пренебречь.

Рассмотрен случай, когда базальтовое волокно расположено под углом θ к оси x (рис.2). При этом будем принимать во внимание изложенные выше условия и считать, что имеет место двумерная деформация.

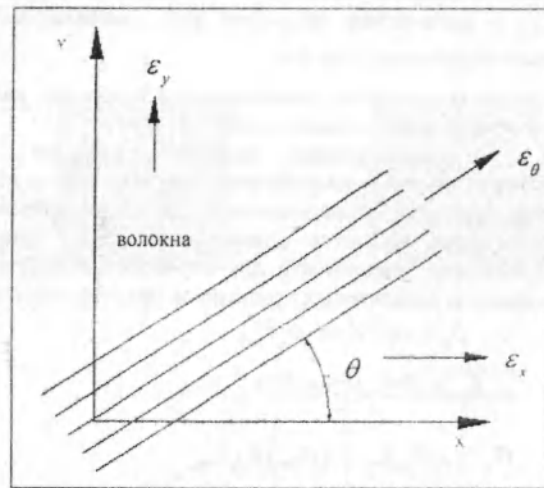


Рис.2. Расположение волокна в системе координат.

Деформацию ϵ_A , происходящую в направлении волокна, можно представить следующим образом

$$\epsilon_A = \epsilon_x \cos^2 \theta + \epsilon_y \sin^2 \theta + \gamma_{xy} \sin \theta \cos \theta. \quad (9)$$

Следует иметь в виду, что в общем случае волокно может располагаться не только в некотором заданном направлении. Может существовать некоторая функция распределения $f(\theta)$ относительно величины θ . Эта функция распределения нормирована на единицу, т. е.

$$\int_0^\pi f(\theta) d\theta = 1. \quad (10)$$

Выше указанные уравнения позволяют рассчитать физико-механические параметры в процессе создания новых композиционных базальтоволокнистых материалов.

В третьей главе приводятся технологии глинисто-базальтоволокнистых композиций.

Описаны физико-технические характеристики холстов из базальтовых супертонких волокон (БСТВ). Существенным недостатком утепляющего слоя холста из БСТВ является существенная осадка в процессе эксплуатации, что приводит к снижению теплозащитных свойств.

Из литературных источников известно, что с использованием органических, силикатных, глиняных связок изготавливаются различные теплоизоляционные изделия. Следует отметить, что примененные органические связки в процессе нагревания более 200°C выгорают, а использование силикатных связок способствует созданию хрупких материалов вследствие формирования в связке жестких силоксановых связей и, как правило, снижению термической стойкости материала. В то же время, применение глиняных связок, например, гончарной глины, обеспечивает плотность, прочность и огнестойкость базальтового композиционного материала в области высоких температур. Проведены технологические, термогравиметрические и рентгенофазовые исследования гончарной глины для получения композиционного материала с целью установления минерального и химического состава.

Изложены методы физико-химических и физико-механических испытаний базальтовых композитов.

Формовочную гидромассу приготавливали в шнековой электромешалке при скорости вращения вала 50-70 об/мин продолжительность перемешивания 8-10 мин. Такое перемешивание обеспечивало однородность смеси, что является необходимым условием получения однородных качественных изделий.

Присутствующие в составе композита оксиды кремния, оксиды алюминия и оксиды других элементов, взаимодействуя с другими компонентами системы и образуя различные контактные соединения, способствовали упрочнению композита.

Исследование зависимости изменения объемной массы от величины подпрессовочной нагрузки при формировании композита из базальтового супертонкого волокна, связанного глинистым связующим, показало, что изменение удельной подпрессовочной нагрузки от 0 до 16кПа обеспечивает изменение объемной массы композитов от 48 до 350 кг/м³. При дальнейшем увеличении подпрессовочной нагрузки объемные массы композита резко увеличиваются. Поэтому выбрана подпрессовочная нагрузка 16кПа для формирования композита с целью получения теплоизоляционного материала. Время процесса сушки составляло 2 часа.

Для оптимизации температуры обжига образца проведены испытания в диапазоне $100 \div 1000^\circ\text{C}$. Определена оптимальная температура обжига, которая оказалась равной $450 \div 500^\circ\text{C}$.

Исследование основных физико-механических и теплофизических параметров композиционных материалов велось в направлении определения оптимального соотношения базальтовых волокон и гончарной глины, исходящего из требования получения теплоизоляционных плит на основе базальта. Результаты исследований показали, что после термообработки предел прочности материала увеличивается примерно в 2 раза и при 20%-ном содержании глинистого связующего имеет максимальное значение (табл.2).

Таблица 2

Физико-механические характеристики базальтового образца

№ п/п	Содержание глинистого связующего в образцах, % по массе	Плотность, кг/м ³		Предел прочности на сжатие, МПа	
		После сушки (120 ⁰ С)	После термообработки (500 ⁰ С)	После сушки (120 ⁰ С)	После термообработки (500 ⁰ С)
1	2,5	52	48	0,261	0,367
2	5	126	115	0,683	0,789
3	7,5	162	150	1,100	1,206
4	10	214	200	1,225	1,631
5	12,5	242	232	1,333	2,039
6	15	283	274	1,460	2,166
7	17,5	322	310	1,521	2,777
8	20	366	350	1,690	2,82

Для объяснения этих причин нами рассчитан предел прочности материала по свойствам составляющих компонентов композита. Здесь принят как армирующий элемент – базальтовое волокно, а в качестве матрицы – частицы гончарной глины. Согласно теории композиционных материалов, на основе правила смесей получены следующие расчетные формулы:

1) после сушки

$$\sigma_1 = \frac{\chi \sigma_a V_a + \sigma_m V_m}{V}, \quad (11)$$

2) после термообработки

$$\sigma_2 = \frac{\chi \sigma_a (V_a (1 + \beta_1 \Delta t)) + \sigma_m (V_m (1 + \beta_2 \Delta t))}{V}, \quad (12)$$

где σ_a – прочность волокна на изгиб; σ_m – прочность матрицы (плиты из гончарных глин); V_a – объем базальтового волокна; V_m – объем матрицы (глинистые частицы); $\chi = \frac{\lambda}{k}$ – коэффициент, зависящий от концентрации корольков и расположения волокна; β_1 – объемное температурное расширение базальтового волокна; β_2 – объемное температурное расширение матрицы; Δt – температурный интервал сушки и термообработки.

На основе этих результатов $\Delta \sigma = \sigma_2 - \sigma_1 = 10 - 830 \text{ МПа}$ или $\Delta \sigma = 830 \text{ кПа}$. Значит, после термообработки за счет термического расшире-

расширения композита его предел прочности увеличивается на 830 кПа . По нашему мнению, за счет химического взаимодействия компонентов композита предел прочности увеличивается на $1,106 \text{ МПа}$.

При средних значениях плотности от 48 до 350 кг/м^3 и содержании глинистого связующего от $2,5$ до 20% по массе, сжимаемость образцов с учетом доверительной оценки истинного ее значения изменилась в основном от $1,1$ до $7,4\%$. После сорбционного увлажнения образцов в течении 3 суток их сжимаемость увеличилась и составляла от $0,29$ до $18,72\%$.

Результаты опытов показали, что полная деформация увеличилась при всех усилиях, а пластическая деформация продолжает расти. Деформация сжатия образцов примерно вдвое превышает пластическую деформацию (рис.3). Увеличение пластической деформации идет за счет дефектов поверхности базальтовых волокон в процессе термообработки.

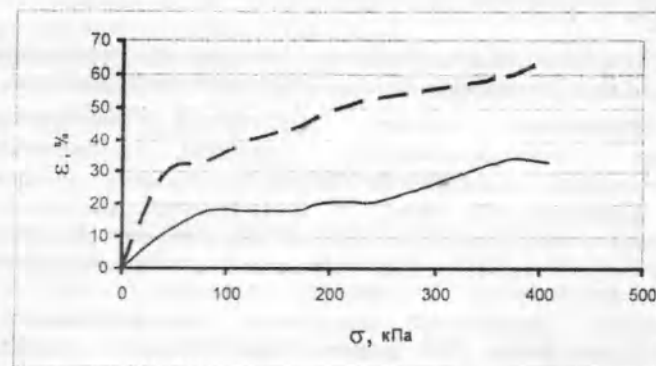


Рис.3. Полная (штриховая линия) и пластическая (сплошная линия) деформации в зависимости от усилия внешнего нагружения

Проведена оптимизация параметров термообработки при изготовлении базальтоволокнистых плит на глинистом связующем. Методом наименьших квадратов были рассчитаны квадратические модели зависимости параметров оптимизации качества базальтоволокнистых плит от технологических параметров процесса изготовления.

Уравнения для параметров оптимизации технологического процесса производства базальтоволокнистых плит на глинистом связующем примут вид:

$$y_1 = \exp(-24,42 + 0,0979 \cdot T - 0,0803\tau - 0,000089 \cdot T^2) \quad (13)$$

$$y_2 = 0,703 + 0,00044 \cdot T \quad (14)$$

$$y_3 = \exp(-41,66 + 0,1704 \cdot T - 0,073\tau - 0,00041 \cdot T^2) \quad (15)$$

$$y_4 = 0,667 + 0,0018 \cdot T - 0,0259\tau + 0,0014\tau^2, \quad (16)$$

где

$$y_1 = C_{\text{ж}(3)} / C_{\text{ж}(0)}; y_2 = y_{(3)} / y_{(0)}; \quad (17)$$

$$y_3 = C_{\text{ж}(10)} / C_{\text{ж}(0)}; y_4 = y_{(10)} / y_{(0)};$$

$C_{\text{ж}(0)}$ - сжимаемость базальтоволоконистых образцов при хранении их в нормальной воздушной среде; $C_{\text{ж}(3)}$ и $C_{\text{ж}(10)}$ - то же, при хранении во влажной воздушной среде в течении 3 и 10сут. соответственно; y_0 - упругость базальтоволоконистых образцов при хранении в нормальной воздушной среде; $y_{(3)}$ и $y_{(10)}$ - то же, при хранении во влажной воздушной среде в течении 3 и 10сут. соответственно.

Исследуя уравнения для параметра y_3 , находим, что экспериментальная точка $t_1 = 508^\circ\text{C}$ (в которой имеем максимум параметра оптимизации y_3 по температуре) минимума y_3 достигает в точке $t_2 = 540^\circ\text{C}$ и $\tau_2 = 13$ мин.

Исследуя уравнения для параметра y_4 , находим, что точкой экстремума является $\tau_1 = 9$ мин. Это локальный минимум времени термообработки.

С применением понятия "эффективной теплопроводности" исследованы теплоизоляционные свойства газонаполненной базальтоволоконистой изоляции, на основе современных представлений механизм взаимосвязанных тепло- и массообменных процессов и их интенсивности в зависимости от условий эксплуатации, конструктивных особенностей и технологических характеристик базальтоволоконистого материала.

Результаты исследований показывали, что расчетные данные ($\lambda = 0,039 \div 0,043 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$) имеют более близкие значения на экспериментальных данных ($\lambda = 0,040 \div 0,053 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$).

В результате научных исследований определены физико-технические характеристики новых композиционных базальтовых плит (табл.3).

Таблица 3

Физико-технические характеристики базальтоволоконистых плит

Характеристика материала	
Плотность, кг/м ³	150+350
Влажность, %	2+3
Гигроскопичность за 120 ч, %	1,5+4
Теплопроводность при 25 С	0,042+0,058
Предел прочности при 10% деформации, МПа, не менее	1,367+2,82
Предел прочности при изгибе, МПа, не менее	0,1+0,7
Долговечность	Без ограничений
Коэффициент звукопоглощения при толщине слоя 50 мм и плотность 150+350 кг/м ³ при частоте от 500 до 2000 Гц	0,5+0,45
Температура применения	260-900
Огнестойкость	Негорючее

В четвертой главе приводятся данные по разработке технологических режимов изготовления полумягких базальтовых плит на глинистых связках, результаты опытно-промышленного внедрения их на ОсОО «Вулкан» и расчеты экономической эффективности при выпуске теплоизоляционных базальтовых плит.

В проведенных исследованиях изучались режимы сушки, длительность процесса тепловой обработки, режимы формования, время помола и другие факторы, определяющие эффективность технологии изготовления.

Технологический процесс производства включает приготовление связующего и гидромассы, сушку и термообработку.

В производственном цехе ОсОО «Вулкан» г. Бишкек была выпущена опытная партия теплоизоляционных базальтовых плит размерами 1500x500x50мм.

Выпущенная партия теплоизоляционных плит была использована для теплоизоляции двухэтажного жилого дома.

Экономический эффект от производства базальтоволоконистых плит на глинистых связках за каждую тонну базальтовых супертонких волокон составляет 16750сом.

Основные выводы

1. Аналитический обзор работ, посвященных проблеме композиционных материалов, и сведений о различных видах композита позволил сформулировать основные предпосылки армирования материалов базальтовыми волокнами.
2. Проведен анализ состояния сырьевой базы диабазов и базальтов для получения стекломассы. Изучен химический и минеральный состав базальтовых пород. Приведено краткое описание Сулутерекского месторождения. Определены технологические параметры базальтов Сулутерекского месторождения.
3. На основе закона линейной аддитивности теоретически обоснованы механические свойства композитов, армированных базальтовыми волокнами. Впервые при исследовании композита с использованием базальтовых волокон, когда упругие деформации являются изотермическими, введено понятие упругого потенциала W . Установлено, что упругие свойства рассматриваемых композитов могут быть описаны обобщенным уравнением Гука.
4. Выявлены технологические характеристики и определены параметры получения глинисто-волоконистых композиций (подготовка гидромассы, процесс формования, сушка и обжиг). Установлена максимальная концентрация глинистых связующих в композите для получения теплоизоляционных плит (не более 20%).
5. Установлено, что процесс термообработки композиционного материала и механическая подпрессовка играют существенную роль при формировании теплоизолирующей структуры материала, так как при этом происходит сбли-

сближение глинистых частиц и базальтового волокна, образующее более плотные контакты между ними, благодаря чему увеличивается прочность материала ($t=500^{\circ}\text{C}$, $P=16$ кПа, длительность термообработки $t=15$ мин).

6. Исследованы физико-механические параметры композитов на основе различных соотношений глинисто-волоконистых смесей. Проведенные предварительные расчеты подтверждаются экспериментальными данными: при средней плотности $\rho=115-350$ коэффициент теплопроводности составляет в пределах $0,040-0,053$ Вт/м·К, а предел прочности на сжатие – $1,36-2,80$ МПа.

7. Методом планирования эксперимента получены математические модели показателей деформативности базальтоволокнистых плит на глинистом связующем в зависимости от температуры термообработки и ее продолжительности при их производстве.

8. Разработана технология изготовления теплоизоляционных плит на основе глинисто-волоконистых композиций. Установлено, что полученный теплоизоляционный материал соответствует всем требованиям, предъявляемым к теплоизоляционным материалам.

9. Получен патент на изобретение «Смесь для изготовления теплозвукоизоляционного материала» (С04 В 28/04, 33/04 Е В 1/74 от 09.15.2003 г.).

10. По результатам исследования выпущена опытно-промышленная партия теплоизоляционных плит, обладающих повышенными физико-механическими свойствами. Экономический эффект от выпуска теплоизоляционных плит за каждую тонну базальтовых супертонких волокон составляет 16750 сом.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Ормонбеков Т.О., Ысманов Э., Айдаралиев Ж.К., Ташполотов И.Т. Продукты пиролиза горных пород. // Наука и новые технологии, 1999, №4, с.69-78.
2. Ормонбеков Т.О., Ташполотов И.Т., Айдаралиев Ж.К. и др. Исследование электрофизических свойств продукты пиролиза базальта и создание электроконтакта на их основе. // "Наука и новые технологии", 2000, №4, с.61-65.
3. Ормонбеков Т.О., Ташполотов И.Т., Айдаралиев Ж.К., Бекболот кызы Б. Плиты базальтовые для теплоизоляции. // Известия ВУЗов, 2002, №1-2, с. 37-40.
4. Заявка на предполагаемое изобретение № 20030086.1 (положительное решение от 15.09.2003г.). // Ормонбеков Т.О., Абдыкалыков А., Айдаралиев Ж.К.//
5. Ормонбеков Т.О., Айдаралиев Ж.К., Бекболот кызы Б., Керимкулова Н.Б. Исследование состава и свойств базальтовых пород. // Мат-лы междунаучн.тех-го симпозиума "Образование через науку", г.Бишкек, 2004, с. 222-229

6. Ормонбеков Т.О., Рабидинова Ж.Д., Бекболот кызы Б., Айдаралиев Ж.К. Исследование прочностных характеристик базальтофибробетона. // Мат-лы междунаучн.тех-го симпозиума "Образование через науку". г. Бишкек, 2004, с. 237-240
7. Абдыкалыков А., Айдаралиев Ж.К., Альмасри Жиход. Оптимизация параметров термообработки теплоизоляционных плит. // Мат-лы междунаучн.-практ. конф. «Состояние и перспективы технико-экономического развития Кыргызстана», г. Бишкек, 2003, с.19-24.
8. Ташполотов И.Т., Айдаралиев Ж.К. Определение химического состава магматических горных базальтовых пород. // Физика и техника. Сборник научн.трудов. 11 часть. Выпуск №2. Ош, 1999, с.92-94.
9. Айдаралиев Ж., Ташполотов И., Ысманов Э. Исследование зависимости электрофизических свойств базальтовых пород от температуры. // Научно-технический журнал Ферганского политех. ин-та, г.Фергана, 2000, №3/4, с.96-99.
10. Айдаралиев Ж., Садыков Э., Ташполотов И., Ысманов Э. Исследование диэлектрической проницаемости базальтовых пород резонансным методом и получение композиционных материалов на их основе. // Вестник Технологического университета "Дастан", г.Бишкек, 1999, №2, с. 111-116.
11. Айдаралиев Ж., Ысманов Э., Ташполотов И. Физико-химические процессы электродуговой плавки базальтовых пород. // Научно-технический журнал ФерПИ, г. Фергана, 2000, №2, с.91-95.
12. Айдаралиев Ж., Ысманов Э., Садыков Э. и др. Получение технического кремния и алюминиевого сплава из базальтовой породы на основе углетермического восстановления. // Наука и новые технологии, 2001, №1, с. 44-46.
13. Айдаралиев Ж.К. Энергосбережение на основе базальтоволокнистых плит. // Мат-лы междунаучн.-техн. конф. «Энергосбережение-проблемы, современные технологии и управление», г. Бишкек, 2003г., с.197-200
14. Айдаралиев Ж.К. Исследование теплоизоляционных свойств базальтоволокнистых плит. // Вестник КГУСТА, Выпуск 1(2), г.Бишкек, 2003, с.92-98
15. Айдаралиев Ж.К., Бекболот кызы Б., Рысбаева И.А. Оптимизация влияния процесса улетучивания легколетучих компонентов на электропроводность базальта. // Известия КТУ им.И.Раззакова, г.Бишкек, 2004, с. 172-174

АННОТАЦИЯ**Технология получения и свойства композиционных материалов на основе базальта**

Диссертационная работа посвящена одной из актуальных проблем - технологии создания новых композиционных материалов на основе базальтового волокна.

Эта проблема связана с необходимостью определения научно-обоснованных потребностей в сырьевых материалах и возможностей сырьевой базы.

При исследовании составляющих компонентов композита обращено особое внимание на то, что упругое поведение композита сводится к определению модулей упругости определяющего уравнения.

Показано, что потенциалом тензора напряжений является внутренняя энергия. В результате записывается матричная форма уравнения напряженно-деформированного состояния композитного материала.

Разработан технологический режим получения композиционных мягких и полумягких плит на основе супертонкого волокна. Полученный композиционный материал на основе базальта соответствует всем требованиям, предъявляемым к теплоизоляционным материалам.

АННОТАЦИЯ**Базальттын негизинде композициялык материалдарды алуу технологиясы жана касиеттери**

Диссертациялык жумуш актуалдуу проблемалардын бири- базальт буласынын негизинде жаңы композициялык материалдарды түзүү технологиясына арналган.

Бул проблема сырьелук базанын мүмкүнчүлүгү жана сырьелук материалдардын керектелүүсүнүн илимий мүмкөздөмөсүн аныктоо зарылчылыгы менен байланыштуу.

Композиттерди түзүүчү компоненттерди изилдөө кезинде композиттин серпилгичтүү абалы аныкталуучу тендеменин серпилгичтүүлүк модулун аныктоо керектигине өзгөчө көңүл бурулду.

Чыңалуунун тензорунун потенциалы ички энергия экендиги көрсөтүлдү. Жыйынтыгында композиттик материалдардын чыңалган-серпилгичтүүлүк абалындагы тендемеси матрицалык формада жазылды.

Өтө ичке базальт буласынын негизинде жумшак жана жарым жумшак композициялык плиталарды алуу технологиясы иштелип чыкты. Базальттын негизинде алынган композициялык материал жылуулук изоляциялоочу материалдардын көрсөтүлгөн бардык талаптарына туура келди.

ANNOTATION**Technology of reception and property of composite materials on the basis of basalt**

Dissertational work is devoted to one of actual problems - to technology of creation of new composite materials on the basis of a basalt fiber.

This problem is connected to necessity of definition of the scientifically-grounded needs for raw materials and opportunities of a raw-material base.

At research of making components of the composite the special attention that the elastic behavior of the composite is reduced to definition of modules of elasticity of the determining equation is inverted.

It is shown, that potential tensors stiffness is internal energy. In result the matrix form of the equation stiff - deformed conditions of the composite material enters the name.

The technological mode of reception composite soft and floor-soft plates is developed on the basis of a super thin fiber. The received composite material on the basis of basalt corresponds to all requirements showed to heat - isolated materials.

Айдаралиев Жапболот Качкынбаевич

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ И СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ БАЗАЛЬТА

Автореферат диссертации

Тех. ред. Курманалиев Б.К.

Подписано к печати 22.02.2005. Формат бумаги 60x84^{1/16}.
Бумага офс. Печать офс. Объем 1,00 п.л. Тираж 100 экз. Заказ 77.

720044, Бишкек, ул. Сухомлинова, 20.
ИЦ "Текник" КТУ, т.: 42-14-55, 54-29-43
E-mail: ict@ktu.aknet.kg, beknur@mail.ru