



**ЧИМЧИКОВА М.К.**

<sup>1</sup>Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова,  
Бишкек, Кыргызская Республика

**CHIMCHIKOVA M.K.**

<sup>1</sup>Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyz Republic  
[mchimchikova@mail.ru](mailto:mchimchikova@mail.ru)

## **БАЗАЛТ И ВОЛЛАСТОНИТ КАК НАПОЛНИТЕЛИ ПОЛИМЕРНОЙ МАТРИЦЫ**

### **BASALT AND WOLLASTONITE AS FILLERS OF THE POLYMER MATRIX**

*Изилдөө объектилери болуп Кыргыз Республикасында казылып алынган минералдык толтургучтар саналат. Дивинилстиролдуу термопластикалык эластомердин негизиндеги композиттердин деформациялык жана бекемдик касиеттеринин полимердик матрицанын толтургучтарынын саны боюнча өзгөрүүсү изилденген. Композиттик материалдын курамында толтургуч катары базальт жана волластонит колдонулган.*

**Өзөк сөздөр:** полимер, композиттик материал, толтургуч, базальт, волластонит, композиттердин касиеттери.

*Объектами исследований являются минеральные наполнители, добываемые в Кыргызской Республике. Исследовано изменение деформационно-прочностных свойств композитов на основе дивинилстирольного термоэластопласта от количества наполнителей полимерной матрицы. В качестве наполнителей в составе композиционного материала использовались базальт и волластонит.*

**Ключевые слова:** полимер, композиционный материал, наполнитель, базальт, волластонит, свойства композитов.

*The objects of research are mineral fillers mined in the Kyrgyz Republic. The change in the deformation-strength properties of composites based on divinylstyrene thermoplastic elastomer on the amount of fillers of the polymer matrix has been investigated. Basalt and wollastonite were used as fillers in the composition of the composite material.*

**Key words:** polymer, composite material, filler, basalt, wollastonite, properties of composites.

В настоящее время широкое применение практически во всех отраслях промышленности нашли композиционные материалы на полимерной основе. Это обусловлено возможностью получения изделий с требуемым набором потребительских свойств, простой технологией переработки и их меньшей стоимостью.

На базе кафедры “Технология изделий легкой промышленности” КГТУ им. И. Раззакова с 2010 года проводятся работы по разработке и получению новых композиционных материалов. При разработке новых материалов особое внимание уделяется подбору материалов для матрицы и наполнителя.

За основу полимерного связующего выбран дивинилстирольный термоэластопласт, содержащий различные добавки: пластификатор (вазелиновое масло), стабилизатор (диафен) и др. При выборе дисперсного наполнителя особое внимание уделялось совместимости и смачиваемости полимером, однородности размеров, устойчивости к действию пластификаторов и высоких температур. В качестве наполнителей использовались базальтовая крошка (полученная измельчением базальтовых пород и отходов базальтовых волокон) и волластонит.



Базальтовые породы (базальты, андезит-базальты, базаниты, диабазы, габбро, долериты и др.) являются породами магматического происхождения. В результате древних вулканических процессов произошло обогащение, плавление и гомонизация базальтовой породы, поэтому они представляют однокомпонентное сырье. Базальты имеют высокую природную химическую и термическую стойкость, что обуславливает их использование для получения базальтовых волокон, обладающих отличным качеством и высокими физико-химическими характеристиками. Запасы базальтовых горных пород составляют миллиарды кубических метров, т.е. сырьевые запасы для производства волокон и наполнителей не ограничены [1].

Химический состав базальтовых пород различается в зависимости от месторождений. На территории Кыргызской Республики имеются более 240 месторождений и проявлений базальтовых пород, представляющие практическое значение для получения минерального волокна. В таблице 1, 2 приведены химический и минералогический составы базальтовых пород наиболее известных промышленных месторождений Кыргызстана [2].

Таблица 1 – Химический состав базальтовых пород

Месторождение	Массовая доля оксидов, %								
	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	R <sub>2</sub> O	п.п.п
Базальт Сулу-Терекского месторождения	44,00	2,30	14,80	5,33	5,62	8,33	6,33	5,36	6,79
Базальт месторождения Кашка-Суу	48,85	1,98	15,72	6,73	3,87	7,28	5,14	4,41	4,68

Таблица 2 – Минералогический состав базальтовых пород

Месторождение	Процентное содержание в породе, %							
	Хлорит, рудные минералы	Пироксен	Полевой шпат	Кальцит	Плагиоклаз	Илденгсит	Порфиговое выделение плагиоклазов	
Базальт Сулу-Терекского месторождения	10–15	5	-	5	75–80	1	4	
Базальт месторождения Кашка-Суу	10-20	-	60	20	-	-	-	

Базальтовая крошка представляет собой дисперсный минеральный порошок с размером частиц менее 0,2 мм и удельной поверхностью в пределах 2500-5000 см<sup>2</sup>/г., имеющий шероховатую поверхность, что улучшает сцепление с полимером.

На рис. 1 приведены фотографии образца базальтовых пород и отходов производства базальтовых волокон.

Волластонит - природный силикат кальция с химической формулой CaSiO<sub>3</sub>. Цвет волластонита белый, белый с сероватым или буроватым оттенком, отличается химической чистотой, содержит незначительное количество вредных примесей в виде окислов марганца, железа и титана [3].

Минералогический состав и основные физико-механические свойства волластонита представлены в таблицах 4 и 5 [3].



а б  
Рис. 1. Образцы базальтовых пород (а) и волокон (б)

Таблица 4 - Минералогический состав волластонита, %

Материал	Волластонит	Кварц	Кальцит	Пироксен	Гранит	Полевой шпат
Волластонитовый концентрат	81	6	5	4	2	2

Таблица 5 - Основные физико-механические свойства волластонита

Твердость по шкале Мооса	4,5
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	2900
Показатель преломления	1,631-1,636
pH	8-9
Естественная влажность, %	0,2-0,5
Белизна, %	70-90

В Кыргызстане имеется крупное месторождение волластонита (по объему залежей 5-е место в мире) в Чаткальском районе Джалал-Абадской области. В мире волластонит, преимущественно, добывают в глубоких подземных карьерах, в Кыргызстане – это волластонитовая гора, руду можно осваивать открытым способом и легко обогащать методом электромагнитной сепарации [4].

Фотографии образцов волластонита с месторождений Кыргызстана показаны на рис.2.



Рис. 2. Образцы волластонита

Испытания деформационно-прочностных свойств матрицы и композитов проведены в соответствии с ГОСТ ISO 37-2013 «Резина и термопласт. Определение упруго-прочностных свойств при растяжении» [5]. В таблице 6 представлены экспериментальные результаты деформационно-прочностных свойств композиций.

Таблица 6 – Результаты испытаний деформационно-прочностных свойств матрицы и композитов

Количество наполнителя, %(мас)	Предел прочности при растяжении, МПа	Относительное удлинение при разрыве, %	Остаточное удлинение, %
<b>Образцы с базальтовой крошкой из горных пород</b>			
4,7	2,5	307	14
9	2,4	300	15
13	2,3	292	15
16,7	2,2	286	16
20	2,0	277	17
23	1,9	271	18
25,9	1,8	263	19
28,6	1,7	256	19
<b>Образцы с коротковолокнистыми базальтовыми волокнами</b>			
4,7	2,5	310	15
9	2,3	302	16
13	2,1	293	17
16,7	1,9	286	17
20	1,8	279	18
23	1,7	272	18
25,9	1,5	265	19
28,6	1,3	259	19
<b>Образцы с волластонитовой крошкой</b>			
4,7	2,5	331	14
9	2,5	333	14
13	2,5	333	14
16,7	2,6	335	13
20	2,8	338	13
23	2,9	340	12
25,9	3,0	341	12
28,6	3,0	341	12



По влиянию на прочность наполнители различают на активные, повышающие прочность композиции, и не активные, существенно не влияющие на этот показатель. Для неактивных наполнителей введение твердых частиц, заметно не изменяющих свою форму под нагрузкой, приводит к снижению деформируемости полимерного композиционного материала (ПКМ) с ростом содержания наполнителя. Если растянуть на одинаковую длину полимер и композит на его основе, то матрица сама по себе (без участия твердого наполнителя) должна обеспечить заданную деформацию, и поэтому при увеличении степени наполнения ( $\varphi$ ) она деформируется сильнее по сравнению с индивидуальным полимером [6]:

$$E_M = E_{ПКМ} / (1 - \varphi) \quad (1)$$

$$\text{или } E_{МКП} = (1 - \varphi)E_M \quad (2).$$

Если полимер не наполнен, т.е.  $\varphi = 0$ , то  $E_M = E_{ПКМ}$ . Если композит содержит 50 % частиц наполнителя, т.е.  $\varphi = 0,5$ , то  $E_M = 2E_{ПКМ}$ , то при этом уменьшается прочность ПКМ. Повышенная деформация матричного полимера наряду с возникновением перенапряжений на границе матрица-частица может привести к отслоению полимера от частицы, появлению пористости, т. е. к возникновению новых микродефектов в композите [6].

На Рис. 3 показана прочность на разрыв как функция содержания наполнителя в объёмных процентах.

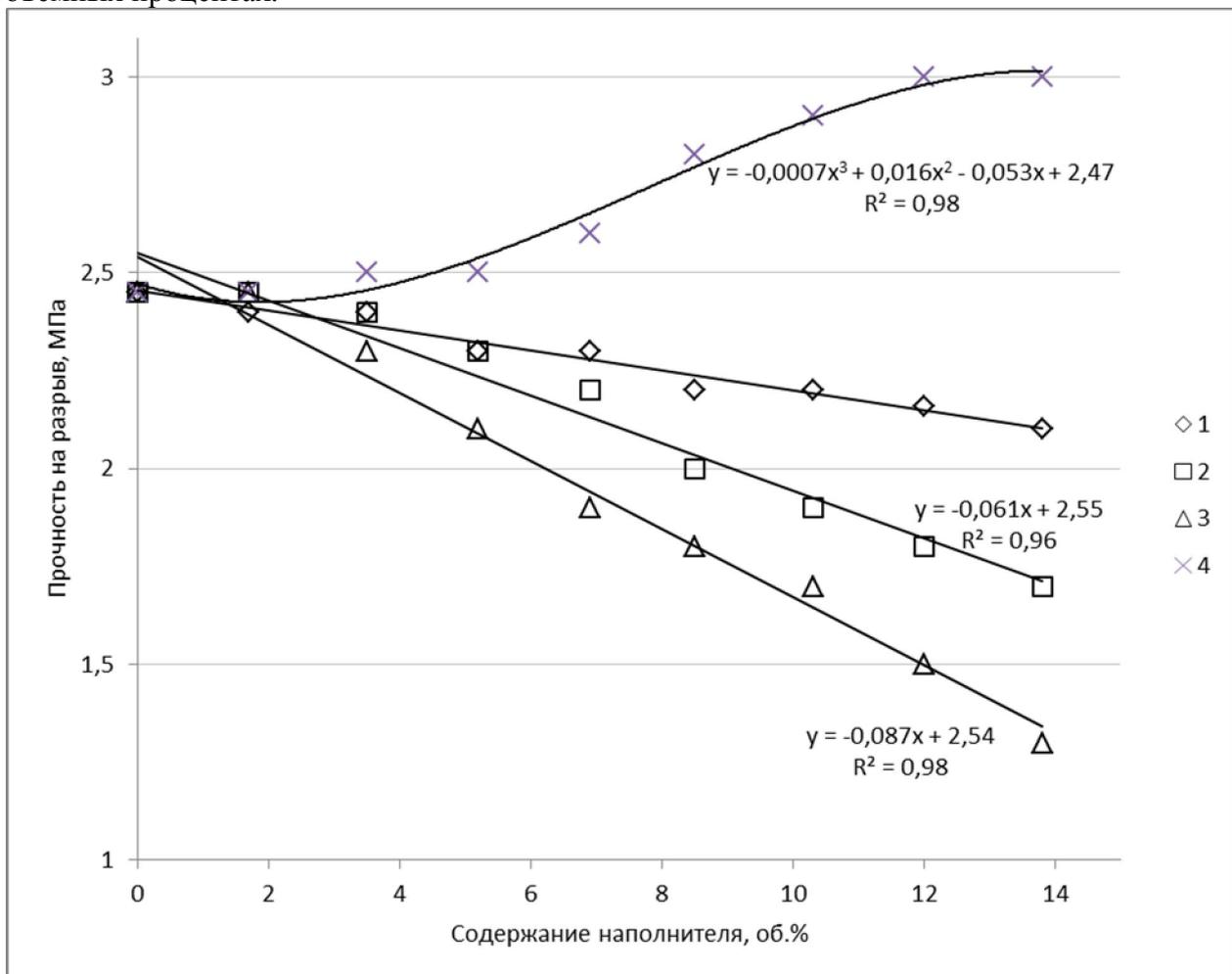


Рис. 3. Прочность композиций: 1. Теоретическая кривая, рассчитанная по уравнению; 2. Образцы с базальтовой крошкой из горных пород; 3. Образцы с коротковолокнистыми базальтовыми волокнами; 4. Образцы с волластонитовой крошкой.

Экспериментальные результаты показывают, что базальт является неактивным наполнителем для дивинилстирольной матрицы термоэластопласта. Снижение прочности от объёма наполнения описывается линейными уравнениями как для наполнителя в виде крошки, так и для наполнителя в виде коротких волокон, причём для последнего случая



Эффект выражен более существенно: коэффициент  $-0,087\phi$  по сравнению с коэффициентом  $0,061\phi$ . Ухудшение прочности образцов композиционных материалов с коротковолокнистыми волокнами связано с неравномерным распределением (диспергированием) частиц базальта в матрице полимера. Частицы коротких базальтовых волокон образуют крупные агрегаты, что вызывает затруднения для равномерного диспергирования в матрице полимера. Эффект снижения прочностных характеристик композиций существенно больше, чем можно ожидать по уравнению 2.

Волластонитовую крошку следует считать активным наполнителем. Эффект наполнения описывается полиномом третьего порядка. В диапазоне наполнения до 14 объёмных процентов прочность повысилась на 22%.

Как видно из таблицы 2, ведение в композиционный материал базальтовых крошек, повысило остаточное и уменьшило относительное удлинение, в то время как использование в качестве наполнителя волластонитовой крошки привело к уменьшению остаточного удлинения.

Следующим этапом исследования может быть введение в матрицу термоэластопластов смеси наполнителей

Использование базальтовой крошки и волластонита, добываемых в Кыргызской Республике, позволяет не только получить композиционные материалы с заданными свойствами, но и уменьшить стоимость композиционного материала.

### Список литературы

1. Габбро-базальтовое сырье для производства минерального волокна [Текст] / Под ред. Э.А. Раскиной, А.Н. Земцова // Промышленность строительных материалов. – 2003. – Сер. 6. – Вып. 1-2. – 123 с.
2. Айдаралиев Ж.К. Минералогические фазы, образующиеся при кристаллизации расплавленных магматических пород [Текст] / Ж.К.Айдаралиев, А.Т. Кайназаров, Ю.Х. Исманов, М.С.Абдиев, Р.С.Атырова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – Пенза:Издательский Дом “Академия Естествознания”, 2019. - №2. - С. 7-11.
3. [https://best-stroy.ru/statya\\_primenenie-vollastonita\\_575](https://best-stroy.ru/statya_primenenie-vollastonita_575).
4. <https://www.msn.kg/ru/news/28218/>
5. ГОСТ ISO 37-2013 «Резина и термопласт. Определение упруго-прочностных свойств при растяжении [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200109864>
6. Бондалетова Л.И. Полимерные композиционные материалы (часть 1) [Текст]: учебное пособие / Л.И. Бондалетова, В.Г. Бондалетов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. –118с.