

УДК 691.619

**АБДЫКАЛЫКОВ А.А.**, КГУСТА им. Н. Исанова, Бишкек, Кыргызская Республика,  
e-mail: [Janlem@mail.ru](mailto:Janlem@mail.ru)  
**ABDYKALYKOV A.A.**, KSUCTA n.a. N. Isanov, Bishkek, Kyrgyz Republic.

**АЙДАРАЛИЕВ Ж.К.**, КГУСТА им. Н. Исанова, Бишкек, Кыргызская Республика,  
e-mail: [Janlem@mail.ru](mailto:Janlem@mail.ru)  
**AIDARALIEV J.K.**, KSUCTA n.a. N. Isanov, Bishkek, Kyrgyz Republic.

**КАЙНАЗАРОВ А.Т.**, КГУСТА им. Н. Исанова. Бишкек, Кыргызская Республика,  
e-mail: [askar.kainazarov1@mail.ru](mailto:askar.kainazarov1@mail.ru)  
**KAINAZAROV A.T.**, KSUCTA n.a. N. Isanov, Bishkek, Kyrgyz Republic.

**АБДИЕВ М.С.**, КГУСТА им. Н. Исанова, Бишкек, Кыргызская Республика,  
e-mail: [mir\\_miki@mail.ru](mailto:mir_miki@mail.ru)  
**ABDIEV M.S.**, KSUCTA n.a. N. Isanov, Bishkek, Kyrgyz Republic.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ОТХОДОВ СЫРЬЯ БАЗАЛЬТОВОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

### **DETERMINATION OF THE FRACTIONAL COMPOSITION OF WASTE MATERIALS OF BASALT PRODUCTION FOR THE PRODUCTION OF COMPOSITE MATERIALS**

*Макалада базальт тегинин фракциялык курамы жана базальт дубасынын калдыктары изилденген, калдык була калдыктарды тазалоо максатында композициялык материал алуу үчүн 10 мм майда бөлүкчөлөрдү алуу үчүн майдалагычка салынат. Композициялык материалды алуу технологиясын иштеп чыгуу үчүн фракциялык курамдын максималдуу жана минималдуу мааниси аныкталды.*

**Өзөк сөздөр:** базальт, өтө ичке була, калдык, фракция, алевролит, базальт шагылы, элек анализи, утилдөө.

*В работе изучен фракционный состав базальтовых пород и отходов производства базальтовых волокон, составляющие дробление на дробилке ниже фракции 10 мм с целью получения композиционных материалов с утилизацией отходов. Определены максимальные и минимальные значения фракционного состава для разработки технологии получения композиционных материалов.*

**Ключевые слова:** базальт, супертонкое волокно, отход, фракция, алевролит, базальтовая крошка, ситовой анализ, утилизация.

*The fractional composition of basalt rocks and basalt fiber production wastes was studied in this paper, which make up the crushing on the crusher below the 10 mm fraction to produce composite materials with waste disposal. The maximum and minimum values of the fractional composition for the development of technology for the production of composite materials are determined.*

**Key words:** basalt, superfine fiber, waste, fraction, siltstone, basalt crumb, sieve analysis, utilization.

Известно, что базальтовые породы (базальты, андезитобазальты, базаниты, диабазы, габбро, долериты и др.) являются магматическими. Поэтому базальтовые породы имеют обширного применения как однокомпонентное сырье, для получения неорганических волокон различного диаметра и длины. Базальтовые породы природное

имеют высокую химическую и термическую стойкость, поэтому полученные от них супертонкие и непрерывные волокна обладают высоким качеством и физико-химические характеристики [1-3].

На территории Кыргызской Республики имеются около 240 месторождений диабазов, базальтов и базальтовых порфиринов [4-6]. Из них для производства супертонких волокон наиболее детально изучены химико-минералогический состав и технологические характеристики базальтов месторождения Сулуу-Терек, месторождения Кашка-Суу и алевролит месторождения Таш-Булак. Особенности технологии получения супертонких волокон из базальтового и алевролитового сырья изучены в работах [5, 6]. Отходов производства базальтовых волокон и отходы при дроблении изучены в работе авторов [7, 8]. Возможности применения базальтовых волокон и отходов производства в качестве активного наполнителя отражены в работе [9].

В связи с этим изучение разделения фракции образующих отходов в производстве базальтовых волокон с целью утилизации и эффективного применения для получения композиционных материалов является актуальной задачей.

*Целью работы является исследования соотношения мелких фракций при дроблении базальтовых пород и отходов производства базальтовых волокон.* Были проведены исследования, несколько месторождений базальтов, которые имеют более практического применения в производстве базальтовых волокон. Сначала определены физико-механические характеристики базальтового сырья, которые влияют на дробление.

Подготовка базальтового сырья по определенной фракции требует обратить внимание, так как скорость образования расплава существенно зависит от способа загрузки величины кусков и толщины загружаемого в печь слоя.

Периодическая загрузка породы, крупные куски или загрузка кучами вызывает колебания уровня расплава. При загрузке высокими кучами в печь засасывается холодный воздух, который нарушает установившийся температурный режим. Периодические термические толчки разрушают печи. Процесс образования расплава в куче породы протекает медленно и завершается при дополнительном пребывании кучи крупного куска бассейна ванной печи. Частицы породы получают тепло и излучением, и конвекцией, и теплопроводностью при контакте с расплавом. Каждая отдельная частица породы энергично поглощает тепло, необходимое для получения расплава.

Значит, фракционный состав базальтовой породы влияет на скорость образования расплава, а следовательно на производительность плавильной печи.

По требованию базальтового производства максимальный размер кусков сырьевой крошки должен быть 60 мм и минимальный в размере 10 мм (Рис. 1).



Рис. 1. Базальтовая крошка для производства супертонких волокон

Также по требованию сырье не должно содержать глинистых, песчаных и других примесей. После дробления с целью очистки от других мелких примесей базальтовая крошка в электромешалке промывается с водой. Когда мелкие фракции проходят через отверстия электромешалки с водой, образуется промышленный отход в виде песка (Рис. 2).

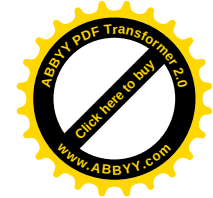
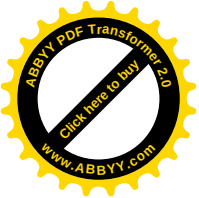


Рис. 2. Отход базальтовой крошки в процессе промывки с водой

При получении супертонких волокон в камере волокнонасаждения появляется отходы производства базальтовых волокон, т.е. не волокнистые включения расплава (Рис. 3).



Экспериментальное определение плотности тел выполнены по ГОСТу 8269.0-97. Расчетным путем определены на основе правил смесей [6].

$$\rho_v = V_1\rho_1 + V_2\rho_2 + V_3\rho_3 + \dots \quad (1)$$

где  $V_1, V_2, V_3$  – объемные соотношения каждой фракций в единичном объеме,  $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \dots$  – соответствующие объемные массы фракций.

Прочность на сжатие сырья определены по ГОСТу 8462-85. Для определения прочности на сжатие были изготовлены образцы в виде кубика размерам  $3 \times 3 \times 3$  см<sup>3</sup>.

Водопоглощение сырья определены следующим образом: сначала взвешивали в сухом состоянии. А потом загрузили в воду, через 24 часов снова взвешивали образцы.

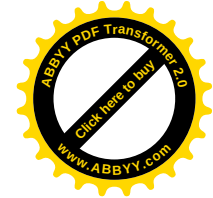
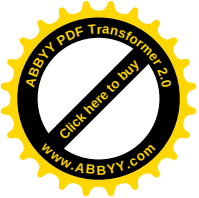
Водопоглощения определены по формуле:

$$W_{\%} = \frac{m_{\text{сух.}} - m_{\text{вл.}}}{m_{\text{сух.}}} 100\%. \quad (2)$$

где  $m_{\text{сух.}}$  – масса образца в сухом состоянии,  $m_{\text{вл.}}$  – масса образца в водонасыщенном состоянии.

Коэффициент размягчения приведены в виде потери прочности при состоянии





базальтового сырья насыщенного водой сравнительно сухого:

$$K_{\%} = \frac{\sigma_{\text{сух.}} - \sigma_{\text{вл.}}}{\sigma_{\text{сух.}}} \cdot 100\%. \quad (3)$$

где  $\sigma_{\text{сух.}}$  – предельная прочность образца в сухом состоянии,  $\sigma_{\text{вл.}}$  – предельная прочность образца в состоянии насыщенного водой.

В результате исследований определены некоторые физико-механические параметры базальтовых пород, необходимые для разработки технологии получения базальтовых волокон. В табл. 1 показаны физико-механические показатели базальтов.

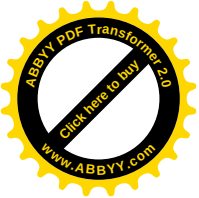
Таблица 1 - Физико-механические характеристики базальтов некоторых месторождений

| Наимен. породы                                                                             | Показатели                        |       |                                       |       |                 |                          |                      |                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------|---------------------------------------|-------|-----------------|--------------------------|----------------------|------------------|
|                                                                                            | Объемная масса, кг/м <sup>3</sup> |       | Истинная плотность, кг/м <sup>3</sup> |       | Водо погл., (%) | Прочность на сжатия, МПа |                      | Коеф. разм., в % |
|                                                                                            | эксп.                             | расч. | эксп.                                 | расч. |                 | в сух. сост.             | в водона с-ыщ. сост. |                  |
| Базальт скрытокристаллический с примазками карбоната (Сулуу-Терек)                         | 1396                              | 1356  | 2876                                  | 3163  | 0,68            | 30,57                    | 28,97                | 5,23             |
| Базальт мелкокристаллический до скрытокристаллического с редкими миндалинами (Сулуу-Терек) | 1440                              | 1367  | 2960                                  | 3462  | 1,08            | 49,15                    | 25,73                | 47,65            |
| Лейкобазальт, афировый, оливинный, субщелочной (Кашка-Суу)                                 | 2626                              | 2747  | 2860                                  | 3136  | 1,35            | 71,46                    | 68,22                | 4,5              |
| Базальт миндалекаменный оливин содержащий (Кашка-Суу)                                      | 2565                              | 2788  | 2689                                  | 3167  | 0,5             | 115,0                    | 101,11               | 12               |
| Алевролит                                                                                  | 2080                              | 2210  | 2150                                  | 2350  | 3               | 27, 61                   | 15,16                | 45,1             |
| Диабазовый порфирит (Абширское)                                                            | 2890                              | 3020  | 3100                                  | 3280  | 1,42            | 68                       | 62                   | 8,82             |

В табл. 1 показано, что имеют низкую плотность и прочность базальтовые породы Сулуу-Терекского месторождения и алевролит месторождения Таш-Булак. В связи с этим для дробления выбрано базальтовых пород Сулуу-Терек и алевролит месторождения Таш-Булак.

Для определения максимальной и минимальной фракции базальтовой крошки проведен фракционный анализ.

В ходе подготовке базальтовой крошки в процессе промывки с водой в электромешалке мелкие фракции образуют промышленные отходы в виде песка и



составляют около 10% от общей массы. Согласно техническим требованиям, электродуговую печь загружают куски размером 10-60 мм. Поэтому ситовой анализ проведен на фракции ниже 10 мм и использован комплект сита с 0,14 мм по 10 мм.

При дроблении базальтового сырья разложение фракционного состава приведено в табл. 2 и 3.

Таблица 2 - Фракционный состав базальтов месторождения Кашка-Суу

| Наимен. породы                                  | Фракционный состав – d, мм , в % |       |       |          |            |            |      |
|-------------------------------------------------|----------------------------------|-------|-------|----------|------------|------------|------|
|                                                 | >10                              | 10-5  | 5-2,5 | 2,5-0,63 | 0,63-0,315 | 0,315-0,14 | Общ. |
| Базальт субщелочной, афировый,оливин содержащий | 49,23                            | 30,17 | 11,43 | 4,18     | 3,25       | 1,74       | 100  |
| Лейкобазальт миндалекаменный, субщелочной       | 46,37                            | 31,74 | 12,16 | 4,43     | 3,21       | 2,09       | 100  |
| Объемная масса кг/м <sup>3</sup> (1)            | 2684                             | 2880  | 3052  | 2800     | 2947       | 2420       | 2747 |
| Объемная масса кг/м <sup>3</sup> (2)            | 2736                             | 2886  | 3000  | 2950     | 3005       | 2240       | 2788 |
| Истинная плотность кг/м <sup>3</sup> (1)        | 3250                             | 3200  | 3080  | 3000     | 2980       | 2666       | 3136 |
| Истинная плотность кг/м <sup>3</sup> (2)        | 3370                             | 3210  | 3030  | 2880     | 3080       | 2776       | 3167 |

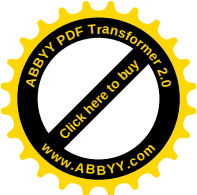
Таблица 3 - Фракционный состав базальтов месторождения Сулуу-Терек

| Наимен. породы                                                                   | Фракционный состав – d, мм , в % |       |       |          |            |            |      |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------|-------|----------|------------|------------|------|
|                                                                                  | >10                              | 10-5  | 5-2,5 | 2,5-0,63 | 0,63-0,315 | 0,315-0,14 | Общ. |
| Базальт скрытокристаллический с примазками карбоната (1)                         | 32,91                            | 39,35 | 15,83 | 5,03     | 6,34       | 0,54       | 100  |
| Базальт мелкокристаллический до скрытокристаллического с редкими миндалинами (2) | 33,35                            | 40,73 | 16,62 | 4        | 4,81       | 0,49       | 100  |
| Объемная масса, кг/м <sup>3</sup> (1)                                            | 1364                             | 1306  | 1277  | 1235     | 1195       | 1471       | 1356 |
| Объемная масса, кг/м <sup>3</sup> (2)                                            | 1365                             | 1300  | 1277  | 1235     | 1185       | 1190       | 1367 |
| Истинная плотность, кг/м <sup>3</sup> (1)                                        | 2810                             | 3800  | 3473  | 3330     | 2310       | 2500       | 3163 |
| Истинная плотность, кг/м <sup>3</sup> (2)                                        | 3740                             | 3040  | 3380  | 2820     | 3400       | 2370       | 3462 |

По плотности базальтов месторождения Кашка-Суу отличаются от месторождения базальтов Сулуу-Терека. Из результата видно (табл. 3), что месторождение базальтов Кашка-Суу плотнее, чем месторождение базальтов Сулуу-Терека. Поэтому использование базальтов Сулуу-Терека в качестве сырья в технологии получения супертонких и непрерывных волокон способствуют экономии энергии и обеспечивают качество материала. Также имеет сравнительно малой плотности и прочности алевролит месторождения Таш-Булак.

Из табл. 2 и 3 видно, что от 78-до 82 % сырья соответствует требованию для плавления в электродуговой печи. Остальную часть сырья в виде мелких фракций промывает в электромешалке с водой, это составляет от 25-27 % от общей массы.

Кроме того, в процессе производства базальтовых волокон около 15-25 % базальтового расплава и корольков (неволокнуемые включения) не попадает в готовое



изделие, а такие отходы производства необходимо утилизировать или использовать как сырье для изготовления новых изделий [1].

С целью определения процентных соотношений вторичного сырья из отходов для производства супертонких волокон был проведен отсев отхода через сито диаметром 5 мм. Полученные результаты отсева при  $d = 5 \text{ мм}$  приведены в табл. 4.

Из табл. 4 видно, что 56 % отхода производства применяется как вторичное сырье для получения супертонких волокон. Остальные 44 % базальтового отхода требуются исследования как первичное сырье для получения новых композиционных материалов (табл. 5).

Таблица 4 - Результаты отсева отхода

| Общая масса, кг |  | Проходящие через сито 5 мм, кг | Остаток, кг | Процентное соотношение        |            |
|-----------------|--|--------------------------------|-------------|-------------------------------|------------|
|                 |  |                                |             | проходящие через сито 5 мм, % | остаток, % |
| 5               |  | 2,2                            | 2,8         | 44                            | 56         |

Таблица 5 - Фракционный состав отходов производства базальтовых волокон (44%)

| Наименование                          | Фракционный состав – d, мм , в % |       |          |           |            |            |         | Общ. |
|---------------------------------------|----------------------------------|-------|----------|-----------|------------|------------|---------|------|
|                                       | $> 5$                            | 5-2,5 | 2,5-1,25 | 1,25-0,63 | 0,63-0,315 | 0,315-0,14 | $< 0,1$ |      |
| Отход при волокнообразовании          | 56                               | 13,94 | 11,81    | 13,7      | 3,11       | 1,29       | 0,15    | 100  |
| Объемная масса, кг/м <sup>3</sup>     | 960                              | 840   | 1260     | 1300      | 1360       | 1360       | 1320    | 1270 |
| Истинная плотность, кг/м <sup>3</sup> | 2422                             | 2301  | 2946     | 3440      | 3105       | 3902       | 2628    | 3029 |

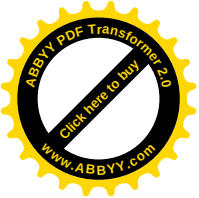
Фракционный состав отхода после измельчения в шаровой мельнице приведены в табл. 6.

Таблица 6 - Фракционный состав отходов производства базальтовых супертонких волокон

| Наимен. породы                                                              | Фракционный состав – d, мм , в % |            |            |          |      |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------|------------|----------|------|
|                                                                             | 1,25-0,63                        | 0,63-0,315 | 0,315-0,14 | $< 0,14$ | Общ. |
| Отход при волокнообразовании после 1,5 часовой измельчении шаровой мельнице | 9,46                             | 24,16      | 58,10      | 8,28     | 100  |
| Объемная масса, кг/м <sup>3</sup> (1)                                       | 1360                             | 1460       | 1400       | 1360     | 1300 |
| Истинная плотность, кг/м <sup>3</sup> (1)                                   | 3599                             | 3334       | 4016       | 2708     | 3292 |

Эти мелкие фракции отходов производства базальтовых волокон обеспечивают достаточной прочности и плотности и других характеристик материала, поэтому предлагается как активный компонент для получения композиционных материалов на основе гипсовых и цементных вяжущих.

**Выводы: 1)** Определены физико-механические характеристики базальтов Сулуу-Терек. Кашка –Суу, алевролит месторождения Таш-Булак, диабазовый порфирит Абширского месторождения. Из них для технологии производства минеральных супертонких волокон предлагается базальты месторождения Сулуу-Терек и алевролит месторождения Таш-Булак.



2. Отходов производства базальтовых волокон фракция ниже 10 мм предлагается для получения композиционных материалов и мелкая фракция оставляет около 44% от общей массы отходов.

### Список литературы

1. Граменицкий Е.Н. Экспериментальная и техническая петрология [Текст] / Е.Н. Граменицкий, А.Р. Котельников, А.Н. Батанова. - М.: Научный мир, 2000. – 520 с.
2. Даминова А.М. Петрография магматических горных пород [Текст] / А.М. Даминова. - М.: Недра, 1967. – 232 с.
3. Аблесимов Н. Е. Релаксационные эффекты в неравновесных конденсированных системах. Базальты: от извержения до волокна [Текст]: / Монография / Н.Е. Аблесимов, А.Н. Земцов. - Москва, 2010. – 400 с.
4. Ормонбеков Т.О. Технология базальтовых волокон и изделия на их основе [Текст] / Т.О. Ормонбеков. - Бишкек: Технология, 1997. - 122 с.
5. Ормонбеков Т.О. Техника и технология производства базальтовых волокон. [Текст] / Т.О. Ормонбеков. – Бишкек: Илим, 2005. – 150 с.
6. Айдаралиев Ж.К. Технология получения супертонких волокон из алевролитового базальта [Текст] / Ж.К. Айдаралиев, Н.А. Сопубеков, Р.С. Атырова // Известия ОшГУ. 2012. - №2. – С.80-84.
7. Крашенникова Н.С. Возможности использования отходов производства минеральной ваты [Текст] Н.С. Крашенникова, И.Н. Нефедова, Л.Т. Лотова и др. // Ползуновский Вестник. - 2004. - №4. – с. 31-33.
8. Абдыкалыков А.А. Исследование отхода производства базальтовых волокон и перспективы его применения [Текст] А.А. Абдыкалыков, Ж.К. Айдаралиев, Ю.Н. Дубинин, А.Т. Кайназаров // Вестник КГУСТА. – 2016. -. № 4 (54). - С. 34-40.
9. Айдаралиев Ж.К. Получение активного наполнителя из базальтовых супертонких волокон [Текст] / Ж.К. Айдаралиев, Н.А. Сопубеков. - Вестник ОшГУ. – 2013. - № 2.- выпуск II. - С. 111-115.