

АНАЛИЗ ОДНОСТАДИЙНОГО И ДВУХСТАДИЙНОГО ДРОБЛЕНИЯ СЛАНЦА В ЩЕКОВОЙ ДРОБИЛКЕ ЩД 10М ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БЕТОННО-МОЗАИЧНОЙ ПЛИТКИ

В.С. Бочков¹, С.Д. Дягилев¹

¹ Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Россия, e-mail: bochkof@list.ru

Аннотация: Приведены результаты экспериментального исследования одностадийного и двухстадийного дробления сланца Режевского карьера Уральского региона на щековой дробилке ЩД 10М со сложным движением щеки. Сланец — метаморфическая горная порода низких ступеней метаморфизма, состоящая преимущественно из темноцветных минералов и кварца или из темноцветных минералов и полевых шпатов (за исключением амфиболитов). Дробленый сланец широко применяется в строительстве для облицовки фасадов и для производства кровельных материалов, также сланец применяется для изготовления плитки. Поэтому проведение исследований по определению рациональных параметров дробления сланца является важной научно-практической задачей. В результате проведенных исследований дробления сланца было выяснено, что двухстадийное дробление по сравнению с одностадийным позволяет получить больший выход мелкой фракции и уменьшить выход крупной (нераздробленной) фракции. Одностадийное дробление также показало приемлемые результаты по крупности и при этом позволяет упростить технологический процесс, уменьшить количество задействованных в процессе дробилок. Определены значения производительности, времени дробления и массы проб сланца. На ситовом анализаторе А 20 проведено распределение дробленого сланца по классам, построены гистограммы распределения по крупности. Описаны преимущества и недостатки одностадийного и двухстадийного дробления в щековой дробилке.

Ключевые слова: щековая дробилка, сланец, дробление, ситовой анализатор, крупность, производительность, фракция, горная порода.

Для цитирования: Бочков В. С., Дягилев С. Д. Анализ одностадийного и двухстадийного дробления сланца в щековой дробилке ЩД 10М для изготовления бетонно-мозаичной плитки // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – № 7. – С. 78–84. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-7-0-78-84.

Analysis of one-stage and two-stage crushing of shale in jaw crusher ShchD 10M for manufacture of terrazzo tiles

V.S. Bochkov¹, S.D. Dyagilev¹

¹ Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia, e-mail: bochkof@list.ru

Abstract: The article presents the experimental research data on one- and two-stage crushing of shale from the Rezh open pit mine in the Ural Region in jaw crusher ShchD 10M with a complex-moving jaw. Shale is a metamorphic rock of low rank, composed mainly of dark-color

minerals and quartz or dark-color minerals and feldspar (except for amphiboles). Crushed shale is widely used in construction for coating of building sides, in production of roofing and in manufacture of tiles. For this reason, it is important for the theory and practice to determine rational parameters of shale crushing. The implemented studies into shale crushing show that as against the one-stage process, the two-stage crushing yields much more fines and reduces the yield of coarse (uncrushed) particles. The one-stage crushing offers acceptable coarseness of particles, as well as simplifies the process and allows less number of crushers to be involved. The productivity and time of crushing, as well as weight of shale samples are determined. Using testing screen A 20, size distribution of crushed shale was carried out, and the bar charts of the size distribution were constructed. Advantages and disadvantages of one-and two-stage crushing in a jaw crusher are described.

Key words: jaw crusher, shale, crushing, testing screen, coarseness, productivity, fraction, rock.

For citation: Bochkov V.S., Dyagilev S.D. Analysis of one-stage and two-stage crushing of shale in jaw crusher ShchD 10M for manufacture of terrazzo tiles. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020;(7):78-84. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-7-0-78-84.

Введение

В настоящее время в связи с возрастающей интенсивностью работы обогатительных и дробильно-размольных фабрик, ростом стоимости электроэнергии и т.д. возникает необходимость подбора наиболее энергоэффективных режимов работы технологического оборудования [1 – 5]. Для повышения эффективности дробления ведутся исследования в следующих направлениях: дробление «в слое» [6, 7] (порода дробится «в слое» за счет чего реализуется «многосиловое» воздействие на отдельный кусок породы), совершенствование футеровок дробилок

(повышение износостойкости, изменение конструкции футеровки, автоматизация процессов дробления, применение вибраций, инерционного воздействия) [8 – 13] и т.д. Но при этом для реализации описанных методик повышения эффективности дробления необходимо внесение конструктивных изменений в дробилки. Задача же исследования состояла в определении рациональных технологических параметров дробления. Одним из таких направлений является изучение стадийности дробления в щековой дробилке, а именно определение целесообразного количества стадий дробле-



Рис. 1. Общий вид дробильно-сократительного агрегата на базе щековой дробилки ШЧД 10М
Fig. 1. General view of crushing and reducing plant on a basis of jaw crusher ShchD 10M

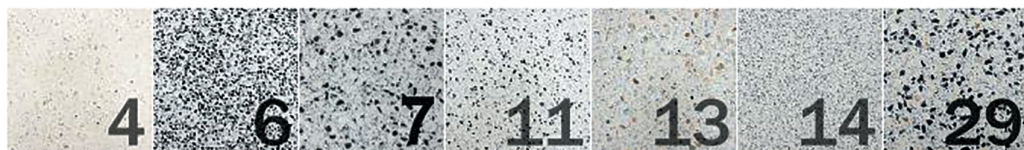


Рис. 2. Номенклатура производимой бетонно-мозаичной плитки на основе белого цемента компании ООО «Кредо» (г. Верхняя Пышма)

Fig. 2. Range of terrazzo tiles produced using white cement by Kredo LLC

ния, при которых будут достигаться необходимые для конкретных условий крупность и производительность.

Для определения эффективности одностадийного и двухстадийного дробления были проведены серии экспериментальных исследований на щековой дробилке ЩД 10М (рис. 1) производства ООО «Вибротехник» (г. Санкт-Петербург). В качестве материала для дробления использовался сланец Режевского месторождения Уральского региона.

Дробленный сланец широко применяется в строительстве для облицовки фасадов и производства кровельных материалов, также сланец применяется для изготовления плитки. Режевской сланец

широко применяется при изготовлении плитки как материал, формирующий рисунок на ее поверхности (рис. 2).

Из представленной номенклатуры (см. рис. 2) видно, что крупность сланца (минерал черного цвета на поверхности) необходима самая различная, в зависимости от желаемого рисунка. А в зависимости от производительности процессов дробления сланца, в конечном счете, зависит и скорость изготовления плитки. Поэтому проведение исследований по определению рациональных параметров дробления сланца является важной научно-практической задачей.

Метод и средства экспериментальных исследований

Эксперименты проводились по следующей схеме: замерялась масса породы исходной крупности, далее взвешенная порода дробилась в щековой дробилке в одну стадию до заданной крупности и в две стадии. В процессе дробления замерялось время дробления и, соответственно, определялась производительность. После этого на анализаторе А20 (рис. 3) проводилось исследование гранулометрического состава и строился график распределения породы по крупности.

Для исследований была взята предварительно дробленный сланец (рис. 4) со средним размером куска 50 мм. В результате замеров было определено, что сланец имеет твердость не более 3 ед. по Моосу. В одной серии испытаний сланец дробился на зазоре между щека-



Рис. 3. Анализатор А20 на базе вибропривода ВП 30Т производства ООО «Вибротехник» (г. Санкт-Петербург)

Fig. 3. Testing screen A-20 with vibratory drive VP 30T manufactured by VIBROTEKHNIK

ми в 1 мм, в другой 2 мм, а затем 1 мм, т.е. в одну или две стадии.

Результаты исследований

При одностадийном дроблении с зазором между щеками 1 мм были получены следующие результаты: масса пробы – 1160 г; время дробления – 56,8 с; производительность – 77,3 кг/ч.

При двухстадийном дроблении получены следующие результаты:

- при зазоре между щеками 2 мм: масса пробы – 2250 г; время дробления – 47,19 с; производительность – 173,08 кг/ч.

- при зазоре между щеками 1 мм: масса пробы – 1,82 кг; время дробления – 54 с; производительность – 142 кг/ч.



Рис. 4. Куски сланца Режевского месторождения Свердловской области

Fig. 4. Shale, Rezh deposit, Sverdlovsk Region

Далее на анализаторе А20 был определен гранулометрический состав, представленный в табл. 1 и на рис. 5 при одностадийном дроблении и в табл. 2

Таблица 1

Гранулометрический состав после одностадийного дробления Grain-size composition after one-stage crushing

Крупность, мм	+0,05–0,07	+0,07–0,3	+0,3–1,0	+1,0–3,0	+3,0–4,0	+4	Итого:
Масса, г	5	170	290	645	245	40	1395
Содержание, %	0	12	21	46	18	3	100

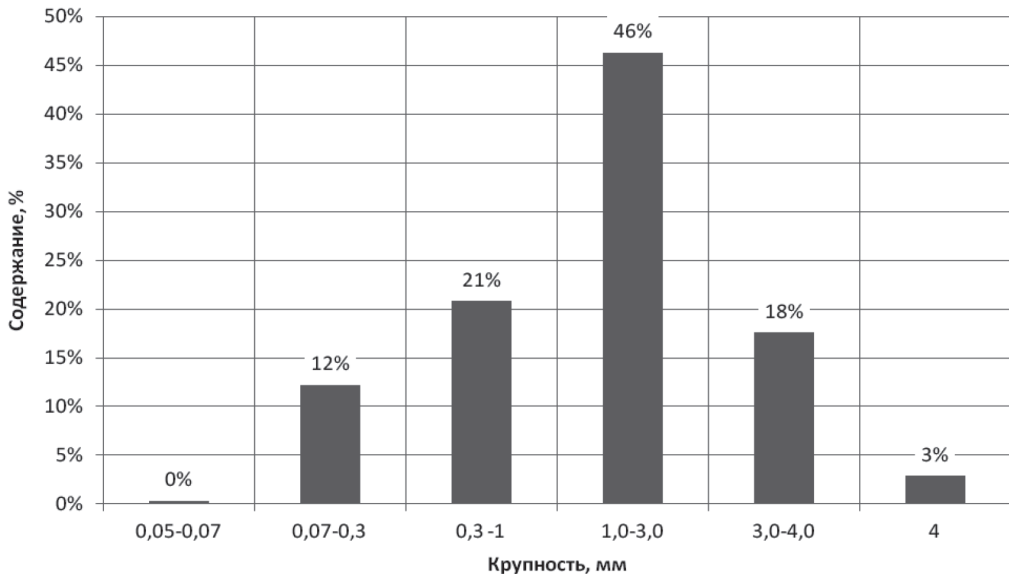


Рис. 5. Распределение зернового состава по крупности после одностадийного дробления

Fig. 5. Size distribution of grains after one-stage crushing

Таблица 2

Гранулометрический состав после двухстадийного дробления
Grain-size composition after two-stage crushing

Крупность, мм	+0,05 – 0,07	+0,07 – 0,3	+0,3 – 1,0	+1,0 – 3,0	+3,0 – 4,0	+4	Итого:
Масса, гр	15	100	695	865	110	30	1815
Содержание, %	1	6	38	48	6	2	100

и на рис. 6 при двухстадийном дроблении.

При рассмотрении полученных гистограмм видно, что после двухстадийного дробления (см. рис. 6) наблюдается больший процент выхода более мелкой фракции (фракция +0,3–1 составила 38%, фракция +1–3 составила 48%), при этом после одностадийного дробления выход этих же фракций составил 21% и 46%. Этот эффект можно объяснить тем, что при двухстадийном дроблении после первого дробления наблюдается процесс разупрочнения породы и зарождение микротрещин в ее структуре [7]. Благодаря этому вторая стадия дробления получается более эффективной с точки зрения сокращения размеров материала. Однако двухстадийное

дробление требует установки дополнительных дробилок, а также усложнения технологической цепочки.

Тем не менее из рис. 5 видно, что результаты одностадийного дробления также являются приемлемыми с точки зрения полученной крупности материала, например, по мелкой фракции +1–3 различие с двухстадийным дроблением незначительно.

Заключение

По результатам проведенного экспериментального исследования одностадийного и двухстадийного дробления сланца Режевского карьера Уральского региона на щековой дробилке ШД 10М со сложным движением щеки можно сделать следующие выводы:

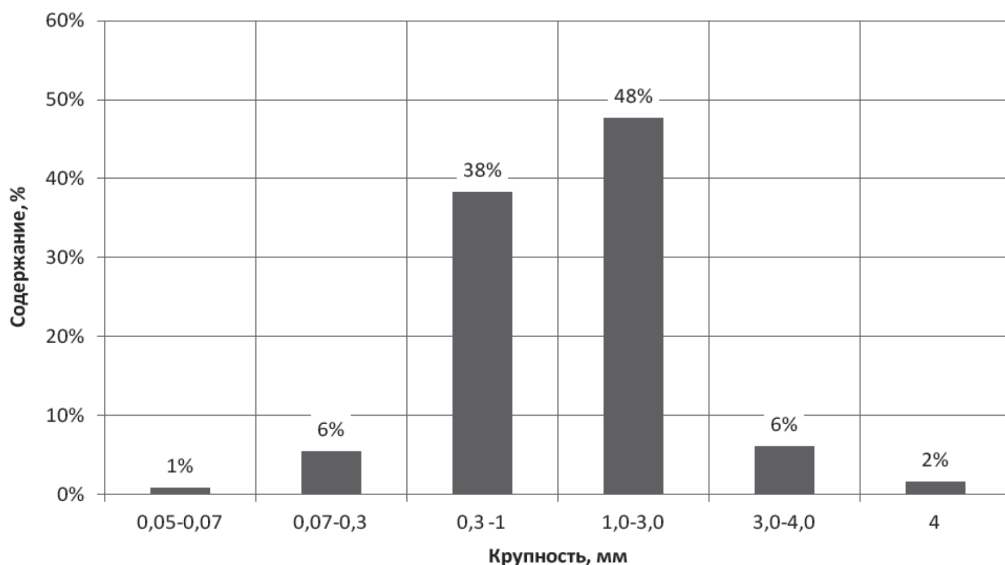


Рис. 6. Распределение зернового состава по крупности после двухстадийного дробления
 Fig. 6. Size distribution of grains after two-stage crushing

- двухстадийное дробление по сравнению с одностадийным позволяет получить больший выход мелкой фракции;
- двухстадийное дробление уменьшает выход крупной (нераздробленной) фракции;
- одностадийное дробление также показало приемлемые результаты по круп-

ности и при этом позволяет упростить технологический процесс и уменьшить количество задействованных в процессе дробилок;

- целесообразно применять щековую дробилку ЩД 10М со сложным движением щеки для дробления сланца, используемого при изготовлении бетонно-мозаичной плитки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голиков Н. С. Улучшение технико-эксплуатационных характеристик щековых дробилок со сложным движением щеки / Сборник материалов V всероссийской, 58 научно-практической конференции молодых ученых «Россия молодая». Т. 1. — Кемерово: КузГТУ, 2013. — С. 85 — 86.
2. Бочков В. С., Лагунова Ю. А. Обзор и перспективы развития конусных дробилок, разрушающих горную породу «в слое» / Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности. Сборник трудов XVI международной научно-технической конференции в рамках Уральской горнопромышленной декады. — Екатеринбург: УГГУ, 2018. — С. 143 — 147.
3. Шишкин Е. В., Казаков С. В. К динамическому расчету вибрационной конусной дробилки на основе трехмассной системы // Обогащение руд. — 2016. — № 4. — С. 43 — 48.
4. Дашкевич А. И. Щековая дробилка двойного дробления // Записки Горного института. — 2009. — № 181. — С. 156 — 157.
5. Ashok Gupta, Denis Yan. Mineral processing design and operations. 2nd edition. Elsevier, 2016. 882 p.
6. Лагунова Ю. А. Разработка математической модели процесса разрушения горных пород «в слое» // Горное оборудование и электромеханика. — 2008. — № 11. — С. 38 — 43.
7. Газалеева Г. И. Механизм разрушения горных пород в процессе дробления материала «в слое» // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. — 2014. — № 5. — С. 95 — 100.
8. Marcin Adamiak. Abrasion resistance of materials. Croatia. Rijeka, 2012, 204 p.
9. Stachowiak G., Batchelor A. W. Engineering tribology, 4th edition. USA. Elsevier, 2014. 823 p.
10. Маляров П. В. Основы интенсификации процессов рудоподготовки: Монография. — Ростов-на-Дону: ООО «Ростиздат», 2004. — 320 с.
11. Tang C. A., Xu X. H., Kou S. Q., Lindqvist P. A., Liu H. Y. Numerical investigation of particle breakage as applied to mechanical crushing. Part I: Single-particle breakage // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 2001. Vol. 38. No 8. Pp. 1147 — 1162.
12. Feliks J., Mazur M. Study on vibratory crushing and granulation of limestone // 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2017. 2017. Vol. 17. No 11. Pp. 1081 — 1088.
13. Вайсберг Л. А., Шуляков А. Д., Орлов С. Л., Спиридонов П. А., Далатказин А. А. Новые технологии производства высококачественного кубовидного щебня мелких фракций // Горная промышленность. — 2010. — № 3(91). — С. 10 — 13. **ПЛАТ**

REFERENCES

1. Golikov N. S. Improving the technical and operational characteristics of jaw crushers with complex cheek movement. *Sbornik materialov V vserossiyskoy, 58 nauchno-prakticheskoy kon-*

ferentsii molodykh uchenykh «Rossiya molodaya». T. 1 [Collection of materials of the V All-Russian, 58 Scientific and Practical Conference of Young Scientists «Young Russia». Vol. 1], Kemerovo, KuzGTU, 2013, pp. 85 – 86.

2. Bochkov V.S., Lagunova Yu.A. Overview and development prospects of cone crushers that destroy rock «in the layer». *Tekhnologicheskoe oborudovanie dlya gornoy i nef-tegazovoy promyshlennosti. Sbornik trudov XVI mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii v ramkakh Ural'skoy goronopromyshlennoy dekady* [Technological equipment for the mining and oil and gas industries Proceedings of the XVI international scientific and technical conference in the framework of the Ural mining decade], Ekaterinburg, UGGU, 2018, pp. 143 – 147.

3. Shishkin E. V., Kazakov S. V. To the dynamic calculation of a vibratory cone crusher based on a three-mass system. *Obogashchenie rud*. 2016, no 4, pp. 43 – 48. [In Russ].

4. Dashkevich A. I. Double crushing jaw crusher. *Journal of Mining Institute*. 2009, no 181, pp. 156 – 157. [In Russ].

5. Ashok Gupta, Denis Yan. *Mineral processing design and operations*. 2nd edition. Elsevier, 2016. 882 p.

6. Lagunova Yu.A. Разработка математической модели процесса разрушения горных пород «в слое». *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*. 2008, no 11, pp. 38 – 43. [In Russ].

7. Gazaleeva G. I. Development of a mathematical model of the process of destruction of rocks «in the layer». *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Gornyy zhurnal*. 2014, no 5, pp. 95 – 100. [In Russ].

8. Marcin Adamiak. *Abrasion resistance of materials*. Croatia. Rijeka, 2012, 204 p.

9. Stachowiak G., Batchelor A.W. *Engineering tribology*, 4th edition. USA. Elsevier, 2014. 823 p.

10. Malyarov P.V. *Osnovy intensifikatsii protsessov rudopodgotovki: Monografiya* [Basics of intensification of ore preparation processes: Monograph], Rostov-on-Don, OOO «Rostizdat», 2004, 320 p.

11. Tang C.A., Xu X. H., Kou S. Q., Lindqvist P.A., Liu H. Y. Numerical investigation of particle breakage as applied to mechanical crushing. Part I: Single-particle breakage. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2001. Vol. 38. No 8. Pp. 1147 – 1162.

12. Feliks J., Mazur M. Study on vibratory crushing and granulation of limestone. *17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2017*. 2017. Vol. 17. No 11. Pp. 1081 – 1088.

13. Vaysberg L.A., Shuloyakov A. D., Orlov S. L., Spiridonov P.A., Dalatkazin A.A. New technologies for the production of high-quality cubical crushed stone of small fractions. *Gornaya promyshlennost'*. 2010, no 3(91), pp. 10 – 13. [In Russ].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Бочков Владимир Сергеевич¹ – канд. техн. наук, доцент, e-mail: bochkof@list.ru,

Дягилев Семен Дмитриевич¹ – студент,

¹ Уральский государственный горный университет.

Для контактов: Бочков В.С., e-mail: bochkof@list.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

V.S. Bochkov¹, Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor, e-mail: bochkof@list.ru,

S.D. Dyagilev¹, Student,

¹ Ural State Mining University, 620144, Ekaterinburg, Russia.

Corresponding author: V.S. Bochkov, e-mail: bochkof@list.ru.

Получена редакцией 12.02.2020; получена после рецензии 05.03.2020; принята к печати 20.06.2020.

Received by the editors 12.02.2020; received after the review 05.03.2020; accepted for printing 20.06.2020.