

УДК 621.928.028.7

Ким Вадим Александрович, докторант,
ВКГТУ им. Д. Серикбаева, Казахстан, 070004, Усть-Каменогорск,
ул. Протозанова, 69, k-v-a@list.ru

Гурьянов Георгий Александрович, канд. техн. наук, проф.,
ВКГТУ им. Д. Серикбаева, Казахстан, 070004, Усть-Каменогорск,
ул. Протозанова, 69, gguryanov@mail.ru

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ВАЛКОВОЙ ДРОБИЛКИ С ВЫПУКЛО-ВОГНУТОЙ ФОРМОЙ ВАЛКОВ

Аннотация. В статье представлены результаты исследований процесса измельчения кусковых материалов в новой валковой дробилке с выпукло-вогнутым профилем валков. Показаны изменения типовой конструкции валковой дробилки, которые дают такие преимущества, как: больший размер захватываемого куска материала, увеличение степени измельчения, уменьшение отношения диаметра валков к размеру захватываемого куска материала.

Ключевые слова: кусковой материал, процесс измельчения, валковая дробилка.

Kim Vadim A., doctoral student,
D. Serikbayev EKSTU, 69, Protozanova Street,
Ust-Kamenogorsk, 070004, Kazakhstan, k-v-a@list.ru

Guryanov Georgiy A., Ph. D., prof.,
D. Serikbayev EKSTU, 69, Protozanova Street,
Ust-Kamenogorsk, 070004, Kazakhstan, gguryanov@mail.ru

PRELIMINARY ASSESSMENT OF PERFORMANCE OF ROLLER CRUSHER WITH A CONVEX-CONCAVE SHAPE OF THE ROLL

Abstract. The article presents the research results of grinding processes of lump materials in a new roll crusher with a convex-concave rolls profile. The changes of the standard roller crusher design are presented, which give benefits such as bigger size of the captured piece of material, increasing the grinding degree, reducing the ratio of the roll diameter to the size of the captured piece of material.

Key words: bulk material, grinding process, roll crusher.

Валковые дробилки являются распространенными машинами для измельчения материалов, но при этом имеют ряд существенных недостатков. Для их устранения на основе анализа конструкций валковых дробилок и форм их валков авторами была разработана новая конструкция валковой дробилки (Предварительный патент РК № 19801, B02C 4/30, бюл. № 8, 15.08.2008 г.). В данной конструкции для качественного измельчения и улучшения захвата материала реализован выпукло-вогнутый профиль валков, позволяющий повысить максимальный размер захватываемых кусков материала, увеличить степень измельчения, снизить соотношение между размерами валка и куска исходного материала (рис. 1).

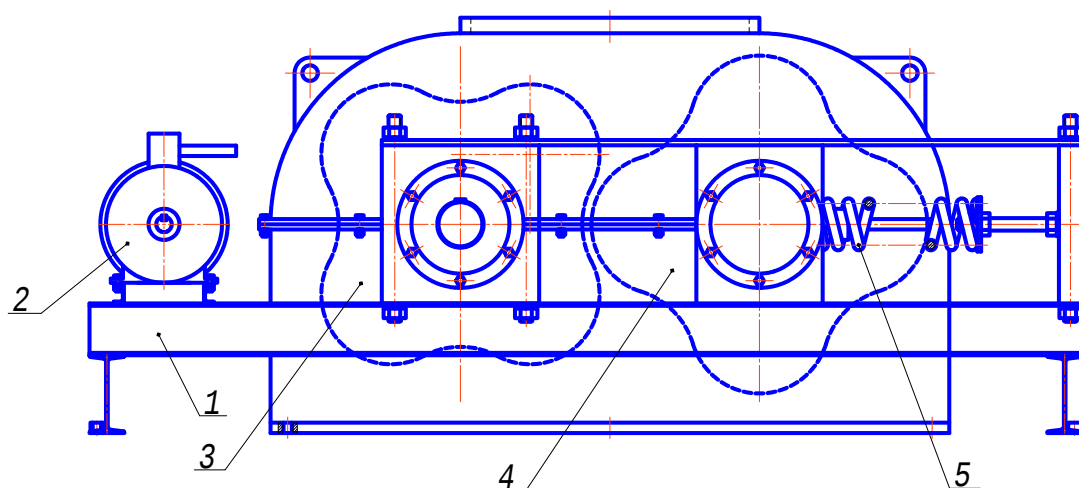


Рис. 1. Схема валковой дробилки с выпукло-вогнутой формой валков: 1 – рама; 2 – электропривод; 3, 4 – выпукло-вогнутые валки; 5 – предохранительные пружины

Валковая дробилка состоит из рамы 1, на которой установлены электропривод 2 неподвижного 3 и подвижного 4 валков. При этом валки установлены так, что выпуклый участок одного валка находится напротив вогнутого участка другого валка. Для предохранения от попадания нераздробленного материала и обеспечения продольного перемещения валка 4 предусмотрены пружины 5.

Валковая дробилка работает следующим образом. Исходный материал поступает в дробилку и попадает в пространство между валками 3 и 4. Валки приводятся во вращение электроприводом 2 и вращаются

навстречу друг другу. Материал, попадая между валками, захватывается ими при их встречном вращении и увлекается в зазор между ними за счет сил трения между валками и кусками материала, а сочетание выпукло-вогнутых поверхностей валков способствует лучшему захвату и втягиванию кусков материала в зазор между валками, предотвращает их выталкивание из зазора. Втягиваясь в минимальный зазор между валками, материал измельчается и выпадает из дробилки.

По описанной выше конструкции дробилки был изготовлен лабораторный образец валковой дробилки с выпукло-вогнутым профилем валков (рис. 2).

Для проверки работоспособности новой валковой дробилки было проведено теоретическое моделирование процесса разрушения твердых частиц в дробилке с выпукло-вогнутым профилем валков и экспериментальная проверка разработанной теоретической модели.

С помощью компьютерного приложения Компас-3D V16 построили графические 2D-модели валков выпукло-вогнутой формы. С помощью построенных моделей симитировали процесс работы дробилки с параметрами, соответствующими параметрам лабораторного образца, последовательно поворачивая через один градус валки от исходного положения (валки сориентированы по главным осям) до момента захвата куска материала, при условии отсутствия заклинивания (наложения) валков (рис. 3).

Момент захвата куска материала – это такое положение валков, при котором угол, образованный касательными к дробящим поверхностям (угол захвата), $\alpha \leq 33^\circ$. Данный угол получен из условия равновесия куска материала в камере дробления.

Процесс моделирования трудоемкий и занимает много места, поэтому на рис. 3 приведены только несколько характерных положений валков при их вращении от исходного до конечного, при котором начинается захват куска материала.



Рис. 2. Лабораторный образец валковой дробилки с выпукло-вогнутым профилем валков

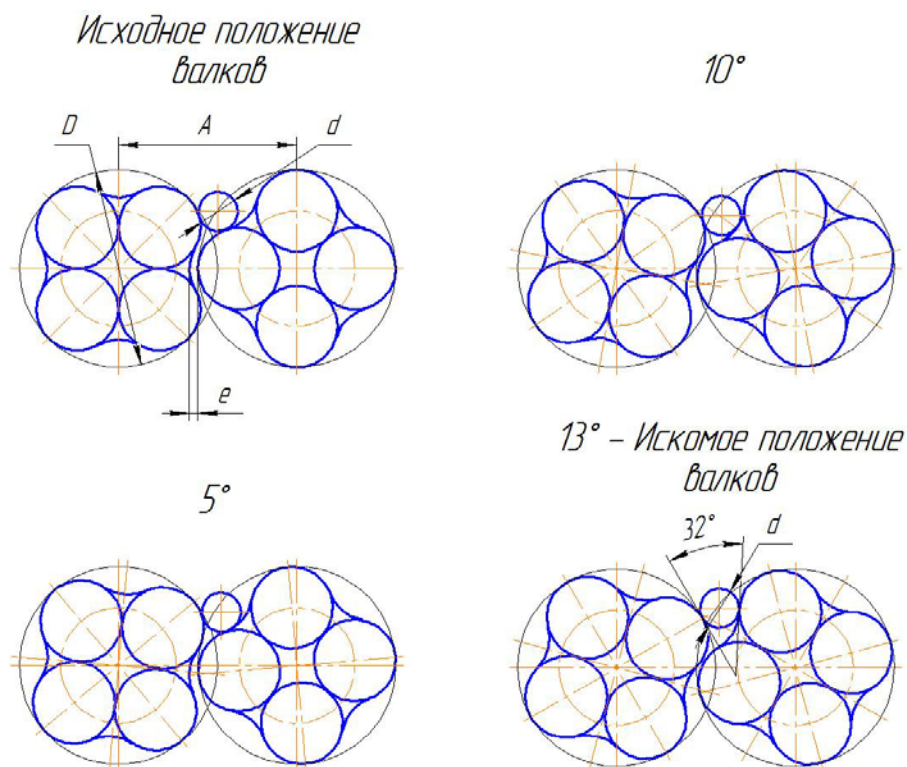


Рис. 3. Графическая модель вращения валков с количеством выступов и впадин, равным 4: D – диаметр описанной окружности валков; d – максимальный диаметр исходного куска; e – минимальный размер выходной щели; A – межосевое расстояние между валками

Как видно из иллюстрации процесса работы дробилки, при повороте валков от исходного положения на 13° начинается захват куска материала, при этом угол захвата $\alpha = 32^\circ < 33^\circ$, а максимальный размер куска материала $d = 44$ мм.

Получив результаты теоретического моделирования и занеся их в табл. 1, приступили к эксперименту. В ходе проведения эксперимента необходимо было проверить адекватность разработанной теоретической компьютерной модели рабочего процесса разрушения твердых частиц в исследуемой дробилке.

Эксперимент начали с подготовки кусков материала. В качестве материала для измельчения приняли строительный кирпич по ГОСТ 530-2012. Раскололи кирпич на несколько кусков. Для эксперимента выбрали куски усредненных размеров $D_1 = 53$ мм, $D_2 = 57$ мм, $D_3 = 60$ мм (рис. 4).

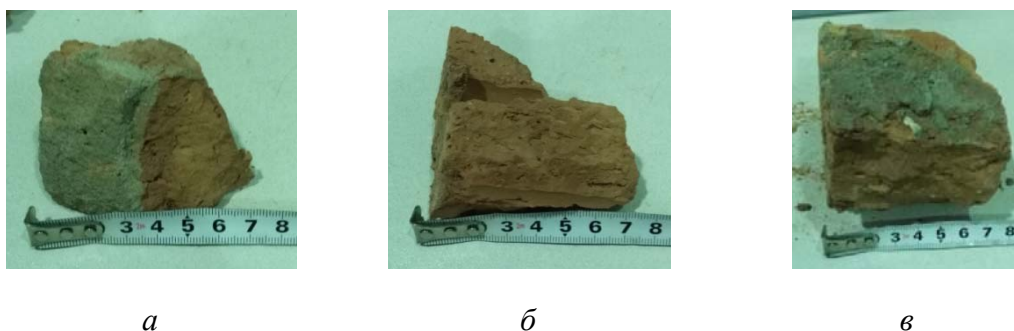


Рис. 4. Куски измельчаемого материала:
а – кусок $D_1 = 53$ мм; б – кусок $D_2 = 57$ мм; в – кусок $D_3 = 60$ мм

Дробилку подключили к электрической сети 380 В. Произвели запуск. В бункер дробилки загрузили подготовленные куски материала. Открыли заслонку. Куски материала, попав в камеру дробления, через некоторое время «обкатившись» по поверхностям валков, «захватились», момент захвата куска отображен на рис. 5.

Затем куски материала начали разрушаться под действием сил сжатия и постепенно затягиваться в сужающееся пространство между выпукло-вогнутыми поверхностями валков. После прохождения материала

через минимальный зазор между валками в приемный лоток выпали куски усредненных размеров $d \approx 1$ мм (рис. 6). Результаты эксперимента представлены в табл. 1.



Рис. 5. Момент захвата куса материала



Рис. 6. Куски измельченного материала

Для подтверждения заявленных преимуществ новой дробилки (увеличение максимального размера захватываемых кусков материала, увеличение степени измельчения, снижение соотношения размеров валка и куска исходного материала) провели эксперимент по измельчению кусков материала, аналогичных кускам, отраженным на рис. 4, в типовой валковой дробилке с гладкими цилиндрическими валками и сходными геометрическими характеристиками (диаметр валков, размер выходной щели). В результате эксперимента данные куски материала не «захватились» типовой валковой дробилкой. Обратившись к литературному источнику [1], определили теоретический размер кусков

материала $D_{cp} \approx 19$ мм, который сможет «захватить» типовая валковая дробилка с данными геометрическими характеристиками. Подготовив куски измельчаемого материала в соответствии с расчетами, произвели повторное измельчение. В результате куски «захватились» и разрушились. На выходе из дробилки получили куски усредненных размеров $d_{cp} \approx 10$ мм. Результаты эксперимента также представлены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительные характеристики теоретической компьютерной модели дробилки и лабораторных образцов дробилок

Параметры дробилки	Компьютерная модель	Экспериментальная дробилка	Типовая дробилка
Диаметр валков D , мм	215		
Диаметр выступов и впадин валков D_v , мм	89		—
Межосевое расстояние между валками A , мм	194	190	224,5
Размер выходной щели между валками e , мм	9,5		
Усредненный размер захватываемого куска D_{cp} , мм	44	53...60	19
Размер готового продукта d_{cp} , мм	9,5	≈ 12	≈ 10
Отношение диаметра валков к размеру захватываемого куска D/D_{cp}	4,9	4,1...3,6	11,3
Степень измельчения $i = D_{cp}/e$	4,6	4,4...5	≈ 2

Выводы

1. Захват кусков материала размером $D_{cp} = 53 \dots 60$ мм в исследуемой дробилке превышает теоретический размер кусков $D_{cp} = 44$ мм, определенный при компьютерном моделировании, что может быть объяснено идеальной шарообразностью кусков материала, используемых в компьютерном моделировании по сравнению с произвольной формой кусков реального материала. Это дает основание считать, что разработанная теоретическая компьютерная модель рабочего процесса разрушения твердых частиц адекватна.

2. Исследуемая валковая дробилка с новым выпукло-вогнутым профилем валков работоспособна и имеет существенно более выгодные рабочие характеристики, чем типовая валковая дробилка, а именно: размер захватываемого куска материала, степень измельчения, отношение диаметра валков к размеру захватываемого куска материала.

3. В сравнении с типовой валковой дробилкой исследуемая дробилка, при сходных геометрических параметрах (диаметр валков, размер выходной щели), позволяет захватывать и измельчать куски материала большего размера (примерно в 3 раза) и при этом получать на выходе куски практически того же размера, что и в типовой дробилке.

4. Степень измельчения валковой дробилки с выпукло-вогнутым профилем валков примерно в 2,5...3 раза выше, чем у типовой дробилки.

5. Отношение диаметра валков к размеру захватываемого куска D/D_{cp} у валковой дробилки с выпукло-вогнутым профилем валков примерно в 3 раза меньше, чем у типовой дробилки. Следовательно, валковая дробилка с выпукло-вогнутым профилем валков будет иметь меньшие геометрические размеры и соответственно металлоемкость в сравнении с типовой валковой дробилкой при одинаковом размере D_{cp} захватываемых кусков материала.

6. Новая валковая дробилка с выпукло-вогнутым профилем валков не имеет аналогов, показала себя весьма перспективной. Необходимо продолжить работу по обоснованию ее параметров и разработке конструкции для промышленного применения.

Список литературы

1. Бауман, В.А. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций / В.А. Бауман, Б.В. Клущанцев, В.Д. Мартынов. – М.: Машиностроение, 1981. – 324 с.
2. Предварительный патент РК № 19801, В02С 4/30, бюл. № 8, 15.08.2008 г.

References

1. Bauman V.A., Klushantsev B.V., Martynov V.D. *Mehanicheskoe oborudovanie predpriyatiy stroitelnyih materialov, izdeliy i konstruktsiy* (Mechanical equipment of enterprises of building materials, products and constructions), Moscow, Mashinostroenie, 1981, 324 p.
2. Preliminary patent of the RK, no. 19801, 15.08.2008.