

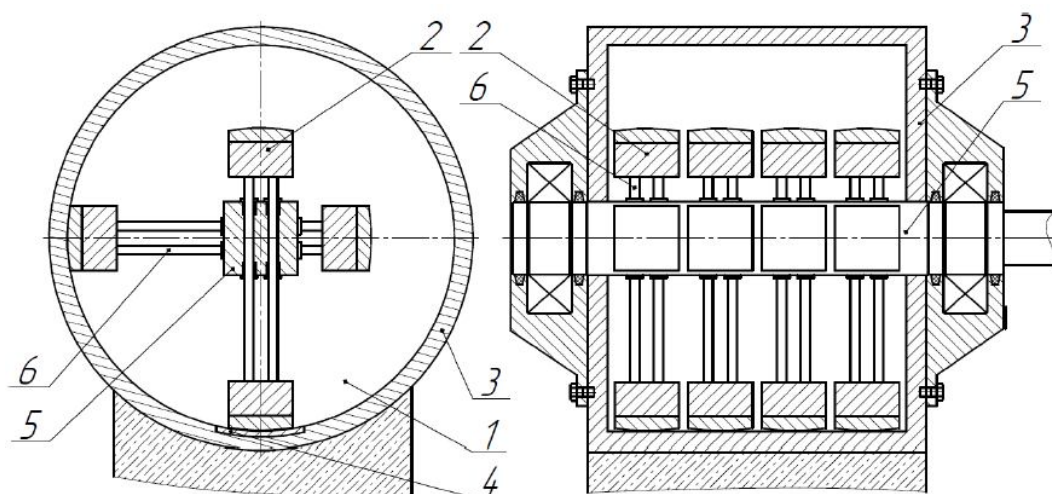
ПРЕИМУЩЕСТВА РАСКАЛЫВАНИЯ СТАЛЬНОЙ ДРОБИ ПРЯМЫМ СТЕСНЕННЫМ УДАРОМ

Как известно сферическая и остроугольная стальная колотая дробь довольно широко используется как в машиностроении, металлургии, так и в авиа- и автомобилестроении, а также прочих отраслях промышленности.

Существующая технология раскалывания круглой дроби в шаровой мельнице имеет ряд недостатков, таких как высокие энергопотери, приводящими к повышенному тепловыделению, низкий выход готового продукта, переизмельчение дробимого материала из-за многократного ударного соударения мелющими шарами, и, соответственно, низкий коэффициент полезного действия.

Для улучшения качества дробимого материала в данной статье предлагается использование метода раскалывания металлической дроби с посредством стеснённого центрального удара [1], позволяющего осуществлять более благоприятный контакт дробящего элемента и стальной дроби. Такой способ наложения разрушающей нагрузки предотвращает переизмельчение готового продукта и уменьшает энергозатраты, что позволяет существенно повысить эффективность самого процесса раскалывания. Таким образом, для осуществления представленного выше способа раскалывания стальной дроби предлагается использовать ударный роторный измельчитель с падающими молотами (рис. 1) [2].

Запатентованный способ производства остроугольной стальной дроби стесненным ударом в дробильно-измельчительной технике ранее не применялся.



1 — рабочая камера; 2 — мелющие тела (ударник); 3 — стенка корпуса;
 4 — лист брони; 5 — ротор; 6 — направляющие штоки

Рисунок 1 — Схема роторно-ударного измельчителя

При ударном контакте происходит деформация взаимодействующих тел и возникают напряжения, определяемые по зависимостям, основанным на решении задачи Герца об упругом контакте тел сферической формы, имеющим решение в замкнутой форме [3, 4] для контактного взаимодействия с рабочей поверхностью ударного элемента и дробинки:

$$Q_1 = 0,918 \sqrt[3]{\frac{P_y \cdot \left(\frac{r + R_1}{2r \cdot R_1}\right)^2}{\left(\frac{1 - \mu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \mu_2^2}{E_2}\right)^2}}; \quad (1)$$

где r — радиус частицы дроби; R_1 — радиус ударной поверхности молота; μ_1 — коэффициент Пуассона материала дроби; μ_2 — коэффициент Пуассона материала молота; E_1 — модуль упругости дроби; E_2 — модуль упругости молота.

По результатам численного решения определено, что наибольшее напряжение в дробинке возникает в зоне контакта с ударным элементом.

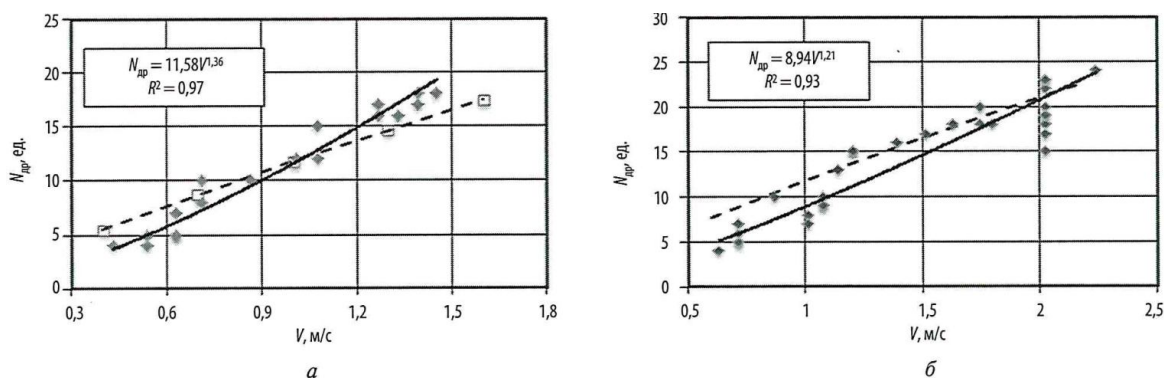
Зависимость для определения максимального количества дробинки, при котором обеспечивается их гарантированное раскалывание в процессе реализации одиночного центрального стесненного удара с определенными техническими параметрами процесса представлена следующей формулой:

$$N_{др} = 0,25 \frac{\sqrt[5]{(V^2 \cdot m_y \cdot \Theta^4 \cdot R_{np}^3)^3}}{(\sigma_{дин})^3}. \quad (2)$$

где V — скорость удара; m_y — масса ударного элемента; Θ — параметр, учитывающий свойства соударения; R_{np} — приведенный радиус кривизны контактных поверхностей соударяющихся тел; $\sigma_{дин}$ — динамический предел прочности при реализации стесненного соударения ударного органа с материалом, МПа.

При проведении на маятниковом копре экспериментальных исследований по разрушению стальной дроби с помощью стесненного удара, были получены числовые значения и построены графические зависимости количества дробинки, раскалываемых одиночным ударом молотом маятникового копра от скорости ударного контакта (рис. 2) [5].

Для определения значения экспериментального коэффициента пропорциональности предела прочности материала k_σ , зависящего от физико-математических свойств дроби и условий контактного нагружения, сопоставляли данные, полученные по формуле $\sigma_{дин} = k_\sigma \sigma_{ст.р.}$ с коэффициентом $k_\sigma = 3,06$, и данными экспериментов по раскалыванию дроби. В результате получено уточненное значение коэффициента предела прочности материала в условиях наложения стесненного удара: $k_\sigma = 4,6$.



а — для дроби диаметром 2,3 мм; б — для дроби диаметром 2,8 мм

Рисунок 3 — Зависимость числа дробинки, раскалываемых одиночным ударом молотом маятникового копра от скорости ударного контакта: теоретическая (пунктирная линия) и эмпирическая (сплошная линия) зависимости

В виде регрессионной модели выбрана зависимость аппроксимирующей функции для определения числа дробинки, разрушаемых одиночным ударом молота маятникового копра, от скорости ударного контакта для стальной дроби в виде $N_{др} = kV^a$, где k и a — коэффициент и показатель степенной функции соответственно. Результаты аппроксимации методом наименьших квадратов приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Результаты аппроксимирования эмпирических исследований

Средний диаметр	Коэффициенты и показатели степенной функции	
	k	a
2,3	11,58	1,36
2,8	8,94	1,21

Результаты исследований показали, что коэффициент корреляции и ошибка аппроксимации в первом случае составили 0,97 и 10,2 %, а во втором случае 0,94 и 14,1, соответственно. Средняя погрешность результатов теоретических и экспериментальных исследований в опытах составила 20,1 %, а достоверность математической модели 79,9 %.

Список литературы

1. Павлиненко, О. И. Аналитические приемы обоснования основных параметров процесса раскалывания стальной дроби стесненным ударом / О. И. Павлиненко, Д. А. Власенко, Э. П. Левченко // Сб. науч. тр. ДонГТУ. — Алчевск : ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ», 2019. — № 15 (58). — С. 106–112.
2. Павлиненко, О. И. Обоснование конструктивно-технологических параметров роторной ударной мельницы для производства колотой дроби / О. И. Павлиненко, Д. А. Власенко, Э. П. Левченко // Вестник ДонНТУ. — Донецк : ГОУ ВПО «ДонНТУ», 2019. — № 4 (18). — С. 3–9.
3. Глушак, Б. Л. Исследование прочности материалов при динамических нагрузках / Б. Л. Глушак, В. Ф. Куропатенко, С. А. Новиков. — Новосибирск : Наука, 1992. — 295 с.
4. Огородников, В. А. Прочность некоторых марок стали и армо-железа при ударно-волновом сжатии и разгрузке в области давлений 2÷200 ГПа / В. А. Огородников, Е. Ю. Боровкова, С. В. Ерунов // Физика горения и взрыва. — Новосибирск : ИСО РАН, 2004. — Т. 40. — № 5. — С. 109–117.
5. Анализ параметров процесса раскалывания стальной сферической дроби стесненным центральным ударом / О. И. Павлиненко, Д. А. Власенко, Э. П. Левченко, А. П. Жильцов // Черные металлы. — 2020. — № 8 (1064). — С. 29–33.