

**Франчук В. П.**  
д.т.н., профессор

**Федоскина Е. В.**  
ассистент

*Государственное ВУЗ  
«Национальный горный  
университет»*

**Кузбаков Ж.И.**  
к.т.н., доцент

*Актюбинский  
региональный  
государственный  
университет  
им. К. Жубанова*

**УДК 269.15-198+621.926.2**

## **ПРЕДПОСЫЛКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИБРОЩЁКОВЫХ ДРОБИЛОК В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ РАЗДЕЛКИ СЛИТКОВ ФЕРРОСПЛАВОВ**

*В работе приведено обоснование целесообразности установки вибрационной щёковой дробилки для получения мелкозернистого товарного продукта из некондиционной фракции в заключительной стадии технологической линии разделки слитков ферросплавов. Показана возможность перераспределения процентного содержания узких классов материала в готовом продукте посредством изменения частоты колебаний дробящих щёк.*

***Ключевые слова:** виброщёковая дробилка, слиток, ферросплав, товарный продукт, щековая дробилка, некондиционная фракция, колебания.*

**Постановка проблемы.** В настоящее время переработка ферросплавного сырья и готовой продукции (слитков) осуществляются непосредственно на ферросплавных предприятиях и заключается в дроблении материала в щековых дробилках и отсевах некондиционных фракций. Процесс разделки слитков при существующей технологии является энергоёмким и продолжительным по времени, а сложившаяся технологическая схема и используемое типовое оборудование не позволяют достичь снижения выхода некондиционных фракций (0-10 мм.) менее 20-30% от количества исходного материала. Источники поступлений мелких фракций имеются по всей технологической линии (съём с изложниц, предварительное дробление гидромолотами, транспортировка), наибольшее количество некондиционного продукта образуется при дроблении в щековых дробилках. Исследования, направленные на повышение эффективности работы технологических линий и разработка новых технических решений представляются актуальной задачей.

**Анализ известных исследований и публикаций** Снижение выхода мелких фракций при получении требуемой крупности конечного продукта решается на основании исследований, направленных на создание рациональной конструкции дробящих плит щековых дробилок [1, 2, 3]. В частности, рациональное расположение рифлений по поверхности дробящей плиты позволило

сократить выход некондиционных фракций до 20%.

**Нерешённая ранее часть общей проблемы.** При комплексном подходе переработки слитков ферроматериалов, охватывая весь технологический процесс от момента разлива до получения товарной продукции, остаётся нерешённой задача по выбору оборудования и определению рациональных параметров измельчения некондиционной фракции.

**Цель работы.** Обоснование целесообразности установки вибрационной щёковой дробилки для получения мелкозернистого товарного продукта из некондиционной фракции в заключительной стадии технологической линии.

**Основная часть.** Конструктивная схема вибрационной щёковой дробилки в общем виде (рис.1) представляет собой колебательную систему, в которой щёкам 1, подвижно сочленённым с корпусом 2 посредством упругих элементов 3, сообщаются высокочастотные колебания. Поворотное колебательное движение щёк, как и вертикальное движение корпуса, генерируются силами инерции вращающихся неуравновешенных масс одновалных вибровозбудителей 4.

Требуемое направление вращения дебалансных валов и их фазировка осуществляется посредством механического синхронизатора или использование явления самосинхронизации.

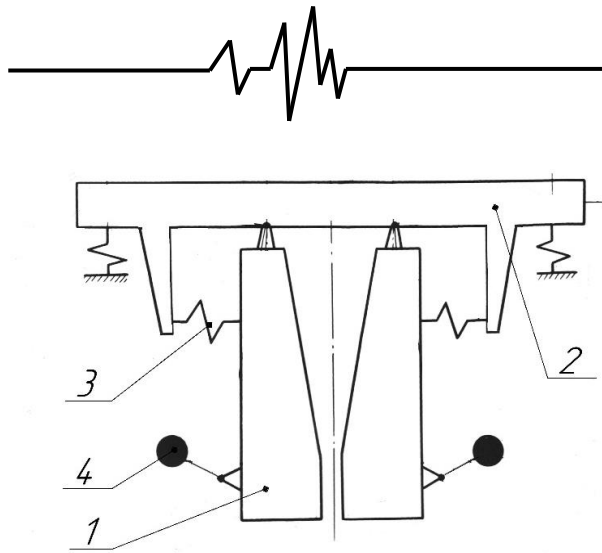


Рис. 1. Конструктивна схема дробилки

Инерционный принцип воздействия вибровозбудителем на дробящие щёки позволяет обеспечить нормальную работу дробилки при непосредственном контакте рабочих поверхностей щёк в момент их наибольшего сближения, что является определяющим фактором использования дробилки в качестве самостоятельного измельчительного агрегата. В процессе дробления материал, попав в камеру дробления, постепенно обкалывается и с каждым качанием щёк перемещается к разгрузочному окну.

Прочностные характеристики ферроматериалов находятся в широком диапазоне и многие имеют предел прочности свыше 1000МПа. Переработка таких материалов эффективна в виброщёковой дробилке, в которой успешно реализуется эффект снижения разрушающих напряжений посредством высокочастотной деформации

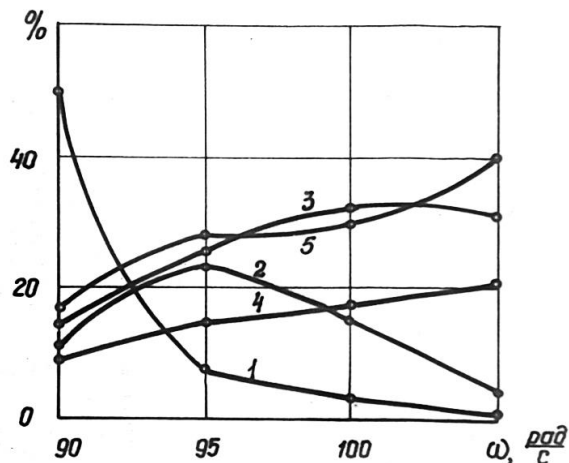


Рис. 3. Зависимость выхода дроблёного ферросилиция от частоты колебаний щёк  
1 – класс 5мм; 2 – класс 3-5мм; 3 – класс 1-3мм; 4 – класс 0.28-1мм; 5 – класс -0,28мм

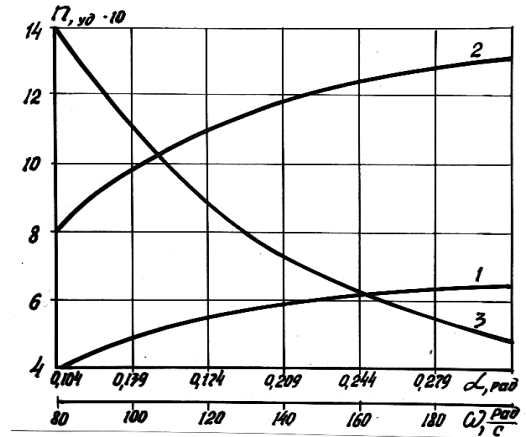


Рис. 2. Зависимость количества ударов от угла захвата и частоты колебаний щёк

материала, способствующей раскрытию внутренних трещин и накоплению остаточных деформаций. За время прохождения камеры дробления (рис.2), частица материала, в зависимости от конструктивных и динамических параметров дробилки, может получать десятки и сотни силовых нагружений со стороны дробящих щёк. Кривая 1 и 2 определяют характер изменения количества ударов с изменением частоты колебаний щёк. Причём кривая 1 соответствует углу захвата в 0,28 рад., а кривая 2 – 0,14 рад. Кривая 3 показывает зависимость количества ударов от угла захвата при постоянной частоте колебаний щёк, составляющей 20 Гц. Значительное увеличение частоты силового нагружения возможно в вибрационной щёковой дробилке [4] с наклонной камерой дробления посредством регулирования скорости движения материала.

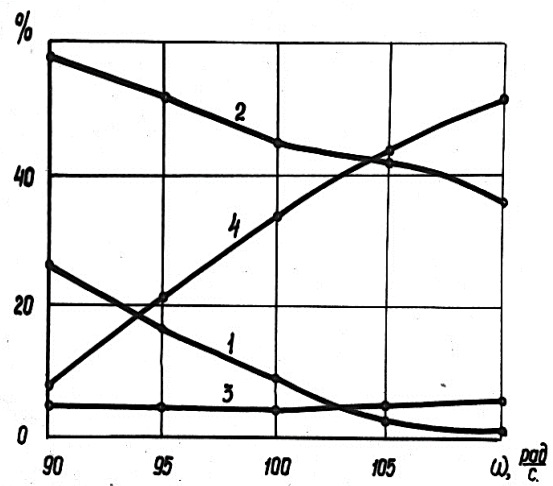
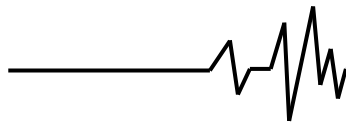


Рис. 4. Зависимость выхода дроблёного феррохрома от частоты колебаний щёк  
1 – класс 5мм; 2 – класс 3-5мм; 3 – класс 1-3мм; 4 – класс 0.28-1мм



Технологические испытания показывают возможность перераспределения процентного содержания узких классов материала в готовом продукте. Одним из регулирующих параметров является частота колебаний щёк.

При частоте 90 рад/с преобладающим является выход класса +5мм. (рис.3) Работа дробилки с частотой колебаний щёк 110 рад/с обеспечила получение 40% готовой крупности ферросилиция (-0,28мм.). Производительность дробилки составила 1200 кг/ч. Аналогичная картина имеет место и при переработке феррохрома (рис.4). Производительность по классу - 0,56мм. составила 540 кг/ч.

**Выводы.** Приведенные результаты аналитических и экспериментальных исследований показывают, что вибрационные щёковые дробилки могут быть эффективно использованы для измельчения и перевода некондиционной фракции ферросплавов в товарную продукцию.

**Перспективы дальнейших научных исследований.** В дальнейшем предполагается исследование экспериментального образца дробилки на участке дробления феррохрома.

#### Список использованных источников

1. Кузбаков Ж.И. Энергосберегающая технология разделки слитков феррохрома / Ж.И.Кузбаков, В.П.Франчук, Е.В.Федоскина //Современные проблемы электрометаллургии стали: сборник материалов XIV Международной научно-технической конференции-Челябинск, 2015.-С.176-178.

2. Кузбаков Ж.И. Трёхстадиальная дробилка для получения кубической формы феррохрома/ Ж.И.Кузбаков, В.П.Франчук, В.А.Федоскин // «Научно-технический прогресс: техника, технологии и образование»: сборник материалов Международной научно-технической конференции.-Актобе. – 2010. – С.117-120.

3. Кузбаков Ж.И. О применимости энергоэффективного оборудования при производстве ферроматериалов / Ж.И.Кузбаков, В.П.Франчук, Е.В.Федоскина //«Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии в промышленности». сборник трудов VIII Международной научно-практической конференции.- Москва. – 2016. С. 86-91.

4. Федоскина Е.В. Особенности движения материала в наклонной камере вибрационной щёковой дробилки / Е.В.Федоскина // Вісник Національного

тенічного університету «ХПІ». – 2013. - №64(1037). – С.188-192.

#### Список источников в транслитерации

1. Kuzbakov Zh.I. Energoberegayushchaya tekhnologiya razdelki slitkov ferrokroma / Zh.I. Kuzbakov, V.P. Franchuk, Ye.V. Fedoskina //Sovremennyye problemy elektrometallurgii stali: sbornik materialov XIV Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii-Chelyabinsk, 2015.- S.176-178.

2. Kuzbakov Zh.I. Trokhstadialnaya drobilka dlya polucheniya kubicheskoy formy ferrokroma/ Zh.I. Kuzbakov, V.P. Franchuk, V.A. Fedoskin // «Nauchno-tekhnicheskii progress: tekhnika, tekhnologii i obrazovaniye»: sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii.-Aktobe. – 2010. – S.117-120.

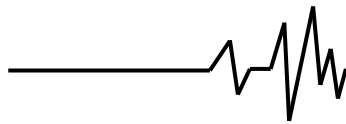
3. Kuzbakov Zh.I. O primenimosti energoeffektivnogo oborudovaniya pri proizvodstve ferromaterialov / Zh.I. Kuzbakov, V.P. Franchuk, Ye.V. Fedoskina //«Energoeffektivnyye i resursoberegayushchiye tekhnologii v promyshlennosti». sbornik trudov VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii.- Moskva. – 2016. S. 86-91.

4. Fedoskina Ye.V. Osobennosti dvizheniya materiala v naklonnoy kamere vibratsionnoy shchokovoy drobilki / Ye.V. Fedoskina // Вісник Національного університету «ХПІ». – 2013. - №64(1037). – С.188-192.

#### ПЕРЕДУМОВИ ВИКОРИСТАННЯ ВІБРАЦІЙНИХ ЩОКОВИХ ДРОБАРК В ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕС РОЗДІЛКИ ЗЛИТКІВ ФЕРОСПЛАВІВ

**Анотація.** В роботі наведено обґрунтування доцільності встановлення вібраційної щоквої дробарки для отримання дрібнозернистого товарного продукту з некондиційної фракції в заключній стадії технологічної лінії розділки злитків феросплавів. Показана можливість перерозподілу процентного вмісту вузьких класів матеріалу в готовому продукті за допомогою зміни частоти коливань дробильних щік.

**Ключові слова:** вібраційна щоква дробарка, злиток, феросплав, товарний продукт, щоква дробарка, некондиційна фракція, коливання.

**PRECONDITIONS FOR USING VIBRATING JAW  
CRUSHERS IN THE TECHNOLOGICAL  
PROCESS OF FERROALLOY INGOTS  
CRUSHING**

**Annotation.** *The technical feasibility study of installing a vibrating jaw crusher to produce a fine-grained commodity from the outsize fraction in the final stage of the processing line for ferroalloy*

*ingots crushing is given in this project. The possibility of redistribution of the percentage of minor classes of material in the finished product is shown by changing the oscillation frequency of crushing jaws.*

**Key words:** *vibrating jaw crusher, ingot, ferroalloy, commodity, jaw crusher, outsize fraction, oscillations.*

**Сведения про авторов**

**Франчук Всеволод Петрович** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры горных машин и инжиниринга ГБУЗ «Национальный горный университет» (пр. Яворницкого, 19, г. Днепр, Украина, 49005, e-mail: franchuk@nmu.org.ua).

**Федоскина Елена Валерьевна** – ассистент кафедры основ конструирования машин и механизмов ГБУЗ «Национальный горный университет» (пр. Яворницкого, 19, г. Днепр, Украина, 49005, e-mail: fedoskina.ev@gmail.com).

**Кузбаков Жанаберген Иманкулович** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры металлургия и горное дело Актыбинского регионального государственного университета им. К. Жубанова (пр. Алия Молдагулова, 34, 030000, Казахстан, e-mail: agu\_metallurgy@mail.ru).

**Франчук Всеволод Петрович** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри гірничих машин та інжинірингу Державного ВНЗ «Національний гірничий університет» (пр. Яворницького, 19, м. Дніпро, Україна, 49005, e-mail: franchuk@nmu.org.ua).

**Федоскіна Олена Валеріївна** – асистент кафедри основ конструювання машин і механізмів Державного ВНЗ «Національний гірничий університет» (пр. Яворницького, 19, м. Дніпро, Україна, 49005, e-mail: fedoskina.ev@gmail.com).

**Кузбаков Жанаберген Иманкулович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри металургія та гірничі справа Актыбінського регіонального державного університету ім. К.Жубанова (пр. Алія Молдагулова, 34, 030000, Казахстан, e-mail: agu\_metallurgy@mail.ru).

**Franchuk Vsevolod** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Mining Machines and Engineering National Mining University (St. Yavornytsky, 19, Dnipro, Ukraine, 49005, e-mail: franchuk@nmu.org.ua).

**Fedoskina Elena** – Assistant of the Chair of the Fundamentals of Designing Machines and Mechanisms "National Mining University" (St. Yavornytsky, 19, Dnipro, Ukraine, 49005, e-mail: fedoskina.ev@gmail.com).

**Kuzbakov Zhanabergen** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Metallurgy and Mining Aktobe Regional State University K.Zhubanov (Ave Aliya Moldagulova, 34, Aktobe, 030000, Kazakhstan, e-mail: agu\_metallurgy@mail.ru).