

*к.т.н. Левченко О.А.,
к.э.н. Зинченко А.М.,
к.т.н. Левченко Э.П.,
Михайлов А.А
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

КОМБИНИРОВАННЫЕ ДРОБИЛЬНО-ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ШАМОТНОГО КИРПИЧА

Наведено аналітичні залежності для визначення параметрів дробарно-здрібнювальних машин комбінованої дії з врахуванням умов завантаження та проходження матеріалу через робочу зону.

***Ключові слова:** конвеєр, дробарка, продуктивність, шамот, частота обертання.*

Приведены аналитические зависимости для определения параметров дробильно-измельчительных машин комбинированного действия с учетом условий загрузки и прохождения материала через рабочую зону.

***Ключевые слова:** конвейер, дробилка, производительность, шамот, частота вращения.*

Проблема и связь с научными и практическими задачами. Повышение эффективности работы дробильно-измельчительных машин при переработке огнеупорных материалов для металлургической промышленности с целью их повторного использования возможно путем совмещения процессов дробления и измельчения в одной установке. Это может быть достигнуто решением задачи рационального перераспределения движения материала в рабочей камере машины в вертикальной и горизонтальной плоскостях путем согласования производительностей соответствующих ступеней.

Первоначальному решению данных вопросов посвящены исследования [1], выполненные ранее в научно-исследовательском проектно-конструкторском институте проблем дробления и измельчения материалов. Повторное использование дорогостоящего огнеупорного сырья, учитывая значительные объемы его переработки, дает значительную экономию средств затрачиваемых на ремонт печей для выплавки металла, что является актуальной задачей.

Анализ исследований и публикаций. Анализ имеющихся данных показал, что процессу переработки отходов литейного производства придается внимание как со стороны металлургических предприятий, так и со стороны научных организаций [2]. При этом измельчению некондиции огнеупорных материалов уделяется особое внимание, так как они образуются на предприятиях в значительном количестве [3]. Однако изучению влияния параметров загрузки материалов и комбинированным дисковым мельницам внимания практически не уделяется.

Постановка задачи. Задача определения соотношения основных параметров дисковых машин решалась без учета комбинированного воздействия на материал, при этом воздействие режущих усилий не рассматривалось [4]. В предлагаемой статье впервые рассмотрены варианты определения соотношений параметров подачи сырья в машину и его перераспределения в рабочей зоне из условия равенства производительностей комбинированных условий разрушения.

Изложение материала и его результаты. Решение проблемы измельчения отслужившего свой срок шамотного кирпича заключается в применении двухстадийного процесса его переработки с целью снижения фракционного состава готового продукта до необходимой крупности. Данный процесс условно подразделяется на две подсистемы: дробление исходного материала, при котором величина продукта составляет более 5 мм и измельчение, подразумевающее крупность готового продукта менее 5 мм. Машина, совмещающая в себе обе эти стадии, носит название дробильно-измельчительной (ДИМ), а ее конструкция и устройство предусматривает многостадийность разрушения.

Начало в проектировании и изучении процессов, происходящих в такого типа машинах было заложено в научно-исследовательском проектно-конструкторском институте проблем дробления и измельчения материалов, входящего ранее в состав нашего университета. Совмещение дробления и измельчения в одной машине стало возможно на базе дисковых истирателей, где легко возможно организовать дополнительные условия разрушения материалов путем раздавливания (рисунок 1) или среза (рисунок 2). Одна из схем такой установки, совмещающая конусную дробилку и дисковую мельницу, показана на рисунке 1 [5].

В конусно-дисковую ДИМ (рисунок 1) материал подается через загрузочную воронку в неподвижный верхний диск, где предварительно дробится между конусом и внутренней поверхностью отвер-

ствия в диске. Затем предварительно разрушенные куски истираются непосредственно между дисками за счет вращения нижнего диска, при этом конус способствует продвижению частиц к периферии щели между дисками. Измельченный продукт выводится из внутренней части корпуса через разгрузочное отверстие. Таким образом, достигается совмещение в одной машине операции предварительного дробления и измельчения, что сокращает расходы на закупку оборудования.

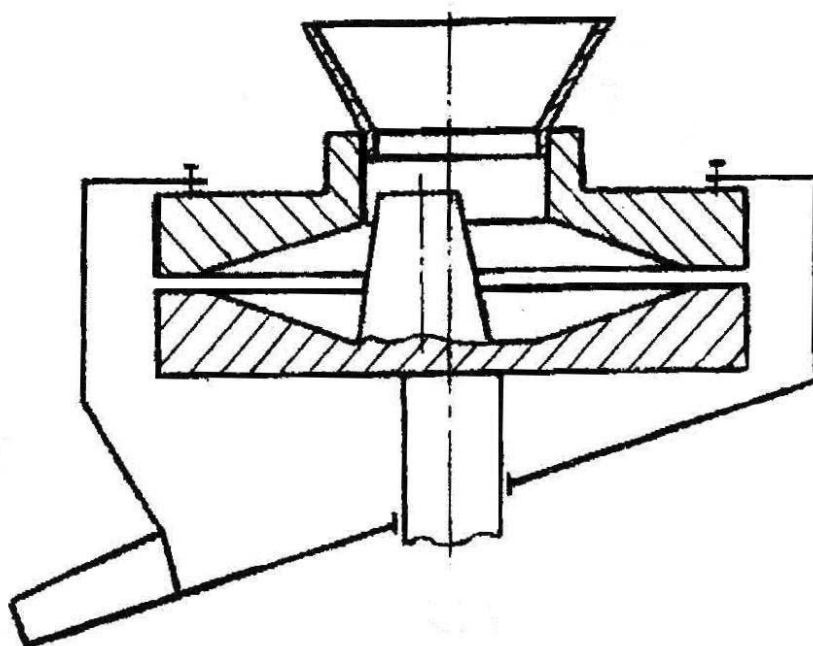
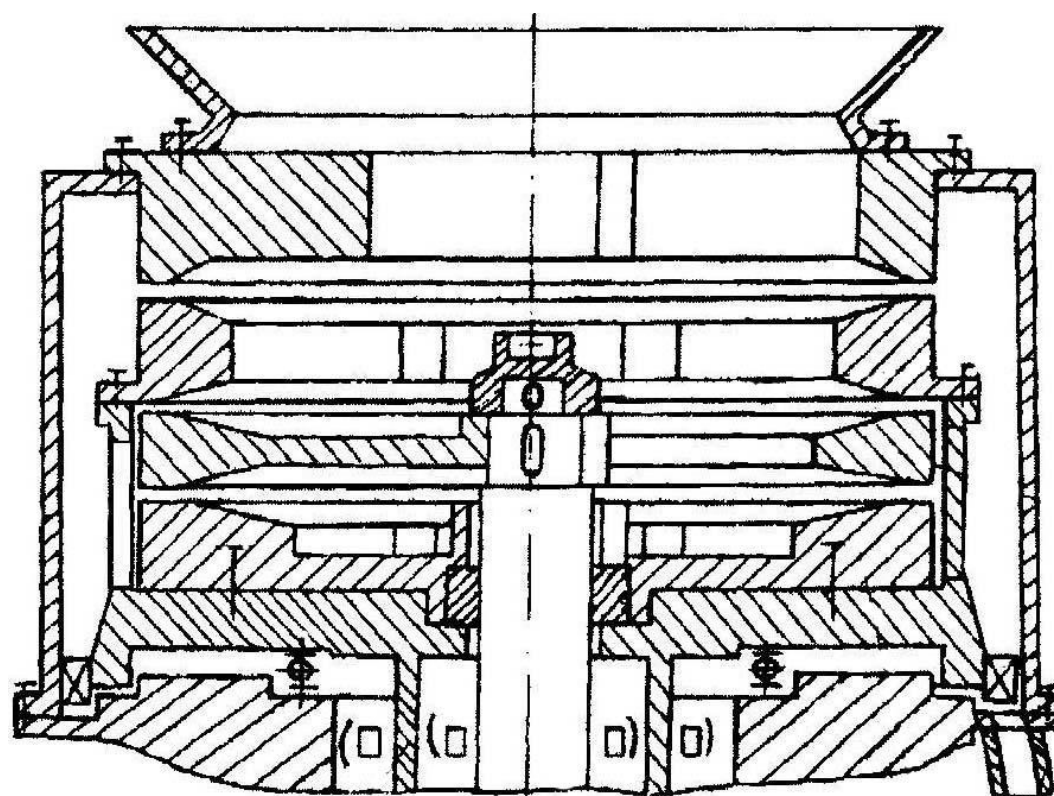
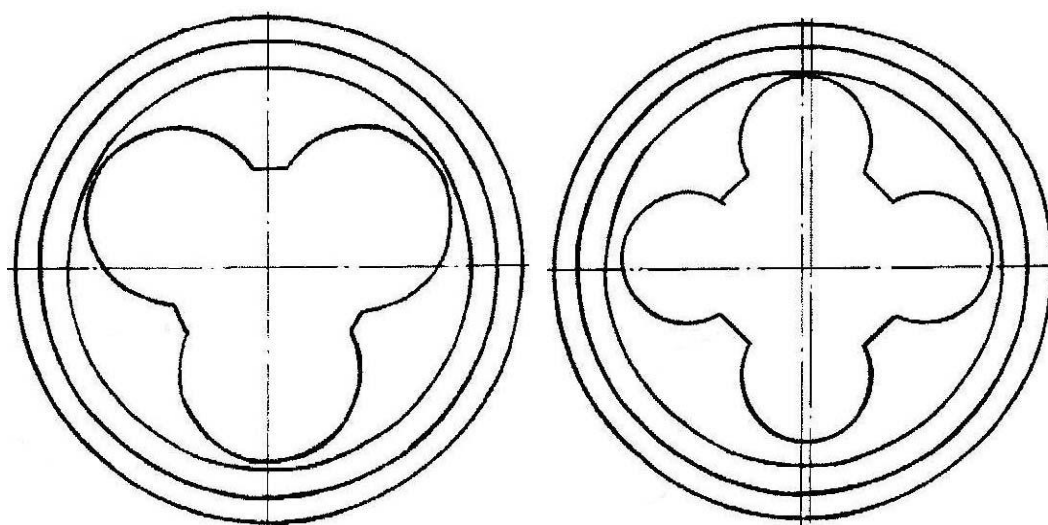


Рисунок 1 – Конусно-дисковая дробильно-измельчительная машина

В многодисковой ДИМ [6] (рисунок 2) многоступенчатое дробление материалов происходит в вертикальной плоскости путем срезающих усилий между чередующимися подвижными и неподвижными дисками за счет их специфической конфигурации (рисунок 2-а и рисунок 2б). Эффективность измельчающих ступеней достигается большим количеством разгрузочных щелей между дисками. Это обеспечивает как повышенную производительность, так и интенсификацию истирания мелких частиц. Вопрос повышения производительности решается путем наличия нескольких дисков между которыми имеются разгрузочные щели, суммарная проходная способность которых значительно превышает суммарную проходную способность одной щели между двумя дисками.



a)



б)

в)

Рисунок 2 – Схема комбинированной многодисковой ДИМ

Для измельчения отходов шамотного кирпича в металлургическом производстве применяется двухдисковая ДИМ режуще-истирающего действия.

Производительность обычного дискового измельчителя можно определить по формуле [4]:

$$Q_z = 60 \cdot \left(\frac{D}{d}\right)^2 \cdot K_2 \cdot \varphi \cdot \rho \cdot D^2 \cdot \delta \cdot n, \text{ кг/ч}, \quad (1)$$

где d – диаметр центрального загрузочного отверстия в верхнем диске, м;

D – наружный диаметр диска, м;

K_2 – опытный коэффициент, показывающий, какую часть составляет скорость продукта в радиальном направлении от окружной скорости диска на расстоянии $d/2$ от оси вращения (обычно $K_2 = 0,01$);

φ – коэффициент заполнения объема продуктом между дисками (обычно $\varphi = 0,7 - 0,8$);

ρ – объемная масса измельчаемого продукта, кг/м³;

n – частота вращения диска, мин⁻¹;

δ – зазор между дисками, м.

Степень дробления должна обеспечивать крупность частиц, поступающих на измельчение не более величины зазора между дисками в центральной их части, для чего высота дисков также не должна превышать этого значения.

Производительность дробилки Q_z связана с площадью сечения материала на конвейере зависимостью [7];

$$F = \frac{Q_z}{3600 V_{лк} \rho}, \quad (2)$$

при этом

$$V_{лк} = \frac{(d + d_{ум} + D_б) g}{2\sqrt{2g(h_k + H_{вн})}}, \quad (3)$$

где $d_{ум}$ – размер исходного материала, м;

$D_б$ – радиус барабана конвейера с учетом толщины ленты, м;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

h_k – расстояние по вертикали от точки отрыва куска материала с ленты конвейера до верхней плоскости загрузочной воронки дробилки;

$H_{вн}$ – расстояние по высоте от горловины загрузочной воронки до верхнего диска, м.

С учетом (3) выразим Q_z из соотношения (2):

$$Q_z = \frac{450 \cdot F \cdot \rho (d + d_{ум} + D_{\bar{o}})}{g \sqrt{h_{\kappa} + H_{вн}}}, \quad (4)$$

где ρ - насыпная плотность исходного материала, кг/м³;
 F - площадь сечения материала на ленте, м².

Взаимосвязь частоты вращения диска дробилки с основными параметрами, необходимую для лучшей ее работы можно найти, приравняв (1) и (4):

$$n = \frac{7,5 \cdot F (D + d_{ум} + D_{\bar{o}}) d^2}{K_2 \cdot \varphi \cdot D^4 \cdot \delta \cdot g \sqrt{h_{\kappa} + H_{вн}}}. \quad (5)$$

При совмещении процессов дробления и измельчения в ДИМ необходимо согласовать объем материала Q_z на выходе из кольцевой разгрузочной щели в горизонтальном направлении с объемом материала, поступающего из ступени дробления в вертикальном направлении $Q_в$. Т.е. должно выполняться условие $Q_z \geq Q_в$.

Объемную производительность при дроблении кусков в вертикальной плоскости можно определить по формуле [6]:

$$Q_в = f_0 \cdot V_n, \quad (6)$$

где f_0 – площадь живого сечения слоя продукта, движущегося в вертикальной плоскости через внутреннее пространство рабочих органов, м²;

V_n – скорость движения продуктов дробления в вертикальной плоскости, м/с.

$$f_0 = K_u \cdot F_{\delta}, \quad (7)$$

где K_u – коэффициент использования рабочей части диска для прохода материала;

F_{δ} - площадь рабочей части дисков, м²;

$$V_n = \frac{a \cdot z \cdot n}{60}, \quad (8)$$

где a – подача материала на оборот диска, кг/об;

z – количество (окон) ножей на диске.

С учетом (7) и (8) вертикальная производительность ДИМ:

$$Q_v = \frac{K_u \cdot F_d \cdot a \cdot z \cdot n}{60} \quad (9)$$

Из условия равенства производительностей машины в вертикальной и горизонтальной плоскостях, с учетом того, что число плоскостей среза составляет число дисков минус один, найдем площадь рабочей части дисков:

$$F_d = \frac{3600 \cdot K_2 \cdot \varphi \cdot \rho \cdot \delta \cdot D^4}{K_u \cdot a \cdot z \cdot (N - 1)d^2}, \quad (10)$$

где N – число дисков в машине.

На ОАО "Алчевский металлургический комбинат" машина подобной конструкции (рисунок 3) служит для измельчения отходов шамотного кирпича в кондиционный порошок, который затем используется при производстве огнеупоров.



Рисунок 3- Комбинированная дробильно-измельчительная машина

Результат отсева готового продукта, полученного после измельчения кирпича, приведен в таблице 1, а график суммарной характеристики фракционного состава ("по плюсу") на рисунке 4.

Таблица 1 – Результаты отсева измельченных отходов кирпича

Номер сита, мм	6,0	5,0	3,15	2,5	1,25	0,5	0,315	0,25	0,09	0,05
Суммарный выход фракции, %	-	-	99,5	92,8	82,6	71,8	57,4	40,0	22,9	4,6

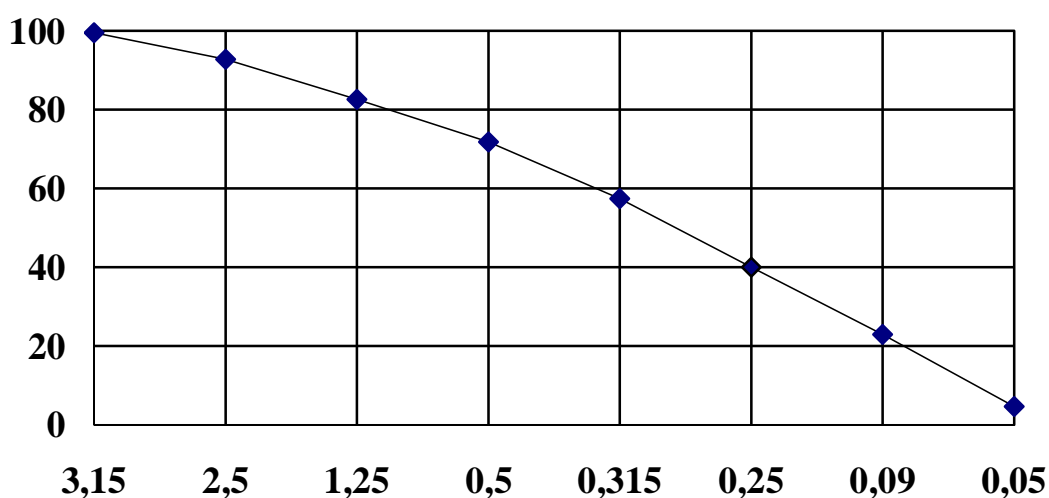


Рисунок 4- Суммарная характеристика выхода готового продукта

Выводы и направления дальнейших исследований

1. Для наилучшей работы комбинированной дробильно-измельчительной машины необходимо, чтобы производительность питания исходным материалом, процесс предварительного дробления и окончательного измельчения были согласованы по производительности.

2. Полученные зависимости позволяют по известным характеристикам дробильно-измельчительной машины и транспортной системы исходного материала определять основные конструктивные и режимные показатели, частоту вращения рабочих органов и соотношения их параметров, подачу материала конвейером, что облегчает проектирование и создание таких машин.

На основе полученных зависимостей в дальнейших исследованиях предполагается получить численные данные с возможностью их дальнейшего анализа.

Библиографический список

1. Разработка теоретических основ надёжности, автоматизации машин принудительно-динамического самоизмельчения материалов и поиск областей использования продукции измельчения. Отчёт о НИР (заключ.) / Научн.-исслед. и прек.-констр. ин-т проблем дробления и измельчения материалов при Коммунарском горно-металлургическом институте. Рук. Щербак В.В.; исп. Левченко Э.П. [и др.]; - Алчевск, 1990. - 220 с. №ГР 0189003642.

2. Ефименко С.Д. Рециклинг отходов литейного производства в условиях ОАО "ЭЗТМ" (ОАО "Электростальский завод тяжелого машиностроения, Россия): // Сб. труд. третьей международной конференции "Металлургия-интехэко -2010". - М.: ООО "Интехэко", 2010. - С. 98 – 104.

3. Иванов Ф.И. Проблемы и перспективы комплексного использования техногенных отходов горно-металлургического комплекса юга Кузбасса, анализ ситуации. /Ф.И. Иванов, Е.В. Исакова, А.С. Головки, В.А. Полубояров: // Матер. второго международного конгресса "Цветные металлы–2010", (Красноярск, 2-4 сентября 2010 г.). - Красноярск. - С. 771 – 774.

4. Основы расчета и конструирования машин и автоматов пищевых производств. / [Под ред. Соколова А.Я.]. - М.: Машиностроение, 1969. – 637 с.

5. Патент на корисну модель № 54716 Україна, МПК7 В 02 С 7/14. Млин / Левченко Е.П., Алтухов В.М., Левченко О.О.; заявник і патентовласник Донбас. держ. техн. ун-т. – № u2001004440; заявл. 16.04.10; опубл. 25.11.10, Бюл. № 22. – 2 с.: іл.

6. Патент на корисну модель № 52417 Україна, МПК7 В 02 С 7/14. Пристрій для подрібнення матеріалів / Левченко Е.П., Алтухов В.М., Зинченко А.М., Левченко О.О.; Онопченко О.Н.; заявник і патентовласник Донбас. держ. техн. ун-т. – № u2001004440; заявл. 01.03.10; опубл. 25.08.10, Бюл. № 18. – 3 с.: іл.

7. Щербак В.А. Определение рациональной скорости загрузочного конвейера рудно-дробильного комплекса. / А.В. Щербак, О.А. Левченко // Сборник научных трудов ДонГТУ. - Вып. 33. – Алчевск: ДонГТУ, 2010. – С. 227 – 233.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. Петрушовым С.Н.