

менем к износу движущихся частей рядом расположенного оборудования и к лишним затратам на их восстановление, замену и ремонт.

Список литературы

1. Павлиненко, О. И. Шаровая загрузка и альтернативные мелющие тела при производстве колотой дробы в барабанной мельнице / О. И. Павлиненко, Э. П. Левченко, Н. А. Бондарь // Сб. тезисов докл. международной науч.-тех. конф., посвященной 50-летию кафедры «Машины металлургического комплекса» ГОУ ВПО «ДонГТУ». — Алчевск : ГОУ ВПО «ДонГТУ», 2016. — С. 23–25.

2. Пат. 2729155 Российская Федерация, МПК¹³ В 02 С 17/00. Способ разрушения материалов свободным ударом / Павлиненко О. И., Жильцов А. П., Чебан В. Г., Левченко Э. П., Власенко Д. А., Левченко О. А. ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Липецкий государственный технический университет». — № 1019127706 ; заявл. 02.09.19 ; опубл. 04.08.20, Бюл. № 2. — 2 с. : ил.

3. Обоснование основных параметров роторно-ударного измельчителя, реализующего условия стеснённого удара / О. И. Павлиненко [и др.] // Сборник научных трудов ДонГТИ. — Алчевск : ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», 2021. — № 22 (65). — С. 100–105.

УДК 621.926(086+323)

Власенко Д. А.

к.т.н.,

Левченко Э. П.

к.т.н., доц.,

Мележик Р. С.,

аспирант,

Гавельский Э. Ю.

магистрант

ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», г. Алчевск, ЛНР

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ДРОБЛЕНИЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА В ВАЛКОВЫХ ДРОБИЛКАХ

Рассматривается возможность использования рифленых верхних валков в четырехвалковой дробилке, обоснованы конструктивные параметры и предложены рациональные размеры рифлей для различных марок углей и кокса определенной фракции. Проведен сравнительный анализ показателей дробилки ДЧГ 900×700 при использовании верхних валков с гладкой и рифленой поверхностью.

Ключевые слова: *твердое топливо, четырехвалковая дробилка, валок, рифленый бандаж.*

Фракционный состав различных видов твердого топлива существенно влияет на основные параметры агломерационного процесса. Большинство результатов исследований сводятся к тому, что более высокие показатели эффективности введения твердого топлива в слой агломерационной шихты достигаются при условии использования фракции 0,5...3 мм [1, 2]. Это обеспечивает более высокую температуру в слое, позволяет увеличить выход годного продукта, повысить удельную производительность, в том числе за счет увеличения скорости спекания, обусловленного удалением мелочи из топлива. Оборудованием, наиболее часто используемым при измельчении твердого топлива до фракции 0–5 мм в условиях агломерационного производства, являются четырехвалковые дробилки различных типов [3], зарекомендовавшие себя из всего разнообразия дробильных машин с наилучшей стороны при дроблении данного вида каменно-рудного сырья, но в то же время имеющие ряд недостатков. Одними из основных недостатков всех валковых дробилок являются проскальзывание

материала по поверхности бандажа в процессе измельчения, вследствие чего происходит переизмельчение материала и ограничение по размеру подаваемого в дробилку сырья.

Снижение влияния эффекта трения в процессе дробления позволит повысить эффективность разрушения материала, а также снизить содержание мелкой фракции в дробленом продукте, что в совокупности положительно скажется на эффективности дробильной машины и при этом повлияет на основные показатели агломерационного процесса в целом.

Для интенсификации процесса измельчения в данном типе дробилок используют рифленые верхние валки, а на нижнюю пару, устанавливают гладкие бандажи. Наибольшее распространение получила конструкция верхних валков с рифленой поверхностью, которая обеспечивается тем, что на рабочую поверхность бандажа наносят сетку, образуемую продольными и поперечными выступающими валиками радиальной формы, наплавленными при помощи непрерывной электродуговой наплавки износостойким материалом [4].

В работе [4] была предложена зависимость, позволяющие определить необходимый для захвата куска материала радиус валиков:

$$r_g = (R_\sigma + r_k) \cos \left(\alpha_2 - \arccos \left(\frac{R_\sigma + 0,5b}{R_\sigma + r_k} \right) \right) - r_k -$$

$$-0,5 \sqrt{ \frac{2R_\sigma^2 - 2r_k^2 + \cos 2\alpha_2 (2R_\sigma^2 + 4R_\sigma (b - r_k) + b^2) - 4R_\sigma r_k + \sin 2\alpha_2 (2R_\sigma + b) \sqrt{(2r_k - b)(4R_\sigma + b + 2r_k)}}{2} }, \quad (1)$$

где R_σ — радиус валка;

r_k — радиус куска материала;

b — межвалковый зазор;

α_2 — угол, необходимый для обеспечения условия захвата куска материала [4]:

$$\alpha_2 = \mu - \frac{\sin \alpha_1 - \sin \mu + \mu (\cos \mu - \cos \alpha_1)}{\sin \alpha_1}, \quad (2)$$

где μ — коэффициент трения измельчаемого материала по материалу бандажа валка;

α_1 — угол захвата куска материала в рабочее пространство для гладких валков [3].

С целью подтверждения достоверности выдвинутых теоретических предположений изготовлена экспериментальная установка с использованием 3D принтера, представляющая из себя уменьшенную модель дробилки, состоящую из двух рабочих валков с установленными на них шкивами и сменными бандажами с рифленой поверхностью (для изготовления рифленых бандажей валков использовался пластик ABS (ТУ 6-05-1609-77)), вращающихся в опорах стоек, закрепленных на станине (рис. 1).

При проведении исследований основным параметрам рифленых валков в экспериментальной установке задавались следующие значения: радиус рабочей поверхности бандажа — $R_\sigma = 0,045$ м; радиус рифлей бандажей r_g от 0,5 мм до 5 мм с шагом 0,3 мм.

В качестве «дробимых» кусков материала использовались цилиндры радиусом r_k из пластика ABS с коэффициентами трения по материалу бандажа $\mu_{\text{п}} = 0,21$.

Для проведения многофакторного эксперимента использовалось центральное композиционное ротатабельное униформпланирование второго порядка. В качестве основных факторов, определяющих радиус валика наплавленной сетки на поверхности бандажа валка, выбирались межвалковый зазор и условный радиус куска материала.

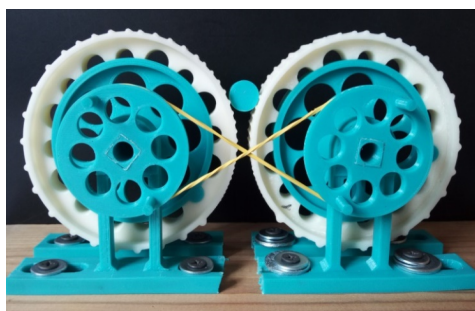


Рисунок 1 — Экспериментальная установка для определения условий захвата куска дробимого материала в валковой дробилке с рифленой поверхностью бандажей

После обработки данных эксперимента регрессионная зависимость от функции отклика для определения необходимого радиуса валика сетки для обеспечения условий захвата куска материала определенного радиуса рифлеными валками принимает следующий вид:

$$r_g = 0,93 b - 0,61 r_k + 0,26 r_k^2 - 0,24 b r_k - 1,5. \quad (3)$$

Статистическая обработка экспериментальных данных показывает, что абсолютная погрешность определения необходимого радиуса валика сетки рифленого валка по формуле (1) по отношению к экспериментальным значениям составляет 3–14 %. Среднее абсолютное отклонение теоретических данных от фактических составило 5,1 %, что подтверждает достоверность предложенных теоретических методов по определению необходимого радиуса валика сетки для обеспечения условий захвата куска материала валков.

На основании вышесказанного для повышения эффективности процесса фракционной подготовки сырья в технологических условиях Филиала № 12 ЗАО «Внешторгсервис» на основании математических зависимостей предложены следующие размерные характеристики сетки верхних валков четырехвалковой дробилки ДЧГ 900×700 при следующих технологические параметрах процесса измельчения твердого топлива (табл.).

Таблица — Технологические параметры процесса измельчения и рекомендуемые конструктивные параметры рифленых валков дробилки ДЧГ 900Ч700

Наименование параметра	Вид и фракция (мм) твердого топлива		
	Угли (-50)	Коксовая мелочь (-25)	Кокс сухого тушения (-140)
Коэффициент трения измельчаемого материала по стали μ	0,2	0,3	0,42
Требуемая фракция дробленого материала после помола, мм	0...3	0...3	0...5
Угол α_1 , рад	0,309	0,206	0,487
Угол α_2 , рад	-0,16	0,222	-0,021
Необходимый радиус валика сетки r_g , мм	3,9	-	14
Угол между центрами окружностей соседних валиков сетки, β_2 рад	0,064	-	0,191
Наибольший радиус дробимого куска для гладких валков, $r_{k_{max}}$, м	0,011	0,022	0,04
Наибольший радиус куска для рифленых валков (с размером валика $r_{g_{max}}$), $r_{k_{max}}$, м	0,058	0,089	0,14
Общая степень дробления для дробилок с гладкими верхними валками	7,3	14,7	16
Общая степень дробления для дробилок с рифлеными верхними валками	38,7	59,3	55,6

Из анализа результатов, полученных с помощью зависимостей (1), (2) и отображенных в таблице, видно, что при использовании рифленых верхних валков в дробилке ДЧГ 900Ч700 с аналитически обоснованными конструктивными параметрами наплавленной сетки при помощи математической модели реализована возможность использования в качестве исходного сырья твердого топлива с верхним пределом фракционного состава в 4,1...5,3 раза большего, чем при использовании верхних валков с гладкой поверхностью. При этом общая степень измельчения в данных условиях, которая существенно влияет на энергозатраты в процессе дробления различных материалов, возрастает в 3,5...5,3 раза.

Список литературы

1. Effects of Fuel Type and Operation Parameters on Combustion and NO_x Emission of the Iron Ore Sintering Process / Wenjie Ni [et al.] // *Energies*. — 2019. — Vol. 12. — Iss. 2. — P. 1–21.
2. Одинцов, А. А. Повышение качества железорудного агломерата на основе разработки ресурсосберегающей технологии подготовки твердого топлива: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.16.02 / Одинцов Антон Александрович. — Новокузнецк : ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», 2015. — 23 с.
3. Оборудование для переработки сыпучих материалов : учеб. пособ. / В. Я. Борщев [и др.]. — М. : Машиностроение, 2006. — 208 с.
4. Власенко, Д. А. Обоснование конструктивных параметров и перспективы использования рифленых валков в четырехвалковых дробилках / Д. А. Власенко // *Вестник Донецкого национального технического университета*. — Донецк : ГОУ ВПО «ДонНТУ», 2020. — Вып. № 1 (19). — С. 15–23.

УДК 669.04:621.771.22

Жильцов А. П.

к.т.н., доц.,

Крамских М. С.

студент,

Богомолов К. А.

студент,

Жихарев Д. Ю.

студент

ФГБОУ ВО «ЛГТУ», г. Липецк, Россия

ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ СЕГМЕНТОВ ЗОНЫ ВТОРИЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ УСТАНОВКИ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКИ СТАЛИ

Рассмотрены факторы, влияющие на показатели работоспособности сегментов зон вторичного охлаждения установок непрерывной разливки слэбов. Разработана схема реализации процесса химической промывки при охлаждении сегментов. Установлено положительное влияние совершенствования системы охлаждения сегментов на повышение показателей их стойкости.

Ключевые слова: *непрерывная разливка, сегмент, охлаждение, надёжность, отказ, стойкость.*

На показатели надежности комплекса оборудования УНРС и качества непрерывнолитых слэбов влияет ряд факторов, в том числе обеспечение долговечности роликов и роликовых секций сегментов. Существенным при этом является соблюдение современной технологии непрерывной разливки [1, 2], использование автоматизированных и компьютерных программ для анализа надёжности металлургического оборудования, применение практических методов анализа отказов оборудования [3].