

УДК 622.788

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОМКУЕМОСТИ ЖЕЛЕЗОРУДНОЙ ШИХТЫ С ЦЕЛЮ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ОКАТЫШЕЙ

Тимофеева А.С., Никитченко Т.В., Федина В.В.

Старооскольский технологический институт им. Угарова А.А. (филиал)

ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (СТИ НИТУ «МИСиС»), Старый Оскол, e-mail: dakatuli@bk.ru

В статье рассматривается методика определения коэффициента комкуемости шихты с целью определения остаточной влажности окатышей, при которой начинается процесс образования трещин при сушке. Представлены результаты исследований по комкуемости шихты, состоящей из железорудного концентрата и бентонита. Определены коэффициенты комкуемости шихты через характеристические влагоемкости, при различных содержаниях бентонита. Расчетным путем определен коэффициент трещинообразования. Выполнены исследования по скорости насыщения шихты влагой в зависимости от дозировки бентонита. Результаты исследований показали, что для снижения склонности сырых окатышей к трещинообразованию необходимо поддерживать дозировку бентонита на уровне 4–6 кг/т, в зависимости от качественных показателей шихтовых составляющих – концентрата и бентонита. Повышение дозировки бентонита приводит к увеличению влагоемкости шихты и времени её насыщения водой.

Ключевые слова: окатыши, процесс окомкования, комкуемость шихты, бентонит, концентрат

OPREDELEIE KOMKUEMOSTI IRON-ORE CHARGE WITH THE PURPOSE OF PROGNOSTICATION OF PROCHNOSTNYKH PROPERTIES OF OKATYSHEY

Timofeeva A.S., Nikitchenko T.V., Fedina V.V.

Stary Oskol Institute of Technology n.a. A.A. Ugarov (affiliated branch) of federal state independent educational institution of high professional education «National Research University of Technology «Moscow Institute of Steel and Alloy» (Stary Oskol Branch of «National Research University of Technology «Moscow Institute of Steel and Alloy»), Stary Oskol, e-mail: dakatuli@bk.ru

The article deals with a technique of the determination of a pelletizing ability index of charging material for the evaluation of the remaining moisture in pellets which makes pellets to crack during drying process. The research results of pelletizing ability of charging material consisting of iron ore concentrate and bentonite are represented. Characteristical moisture retention capacity allowed to determine pelletizing ability indexes of charging material with different contents of bentonite. The crack formation index was determined using a calculation method. The rate of charging material saturation with moisture depending on bentonite load was investigated. The research results demonstrated that in order to reduce tendency of green pellets to crack it is necessary to maintain bentonite load within 4-6 kg /t depending on qualitative factors of charge material content – concentrate and bentonite. Increase of bentonite load leads to increase of moisture retention capacity of charge material as well as to increase of time for moisture saturation of charging material.

Keywords: pellets, pelletizing process, burden pelletizing ability, bentonite, concentrate

Расширение рынка сбыта железорудного сырья вызывает необходимость повышения конкурентоспособности продукции, особенно важным показателем становится прочность окатышей, причем как на сжатие, так и на удар. В связи с увеличением количества различных перегрузок происходит разупрочнение окатышей, что влияет на снижение их прочности на сжатие. Часть окатышей под действием ударных нагрузок разрушается. Поэтому работы, направленные на определение факторов, влияющих на прочностные свойства железорудных окатышей, становятся актуальными на сегодняшний день.

Известно, что повышение ударной прочности окатышей может быть достигнуто несколькими путями:

– оптимизацией температурно-временных условий термообработки слоя окатышей;

– путем изменения их состава за счет ввода различных связующих и флюсующих добавок.

На прочность обожженных окатышей также существенное влияние оказывают физико-химические свойства и микроструктурные характеристики сырых окатышей, зависящие, в том числе, и от параметров осуществления процесса окомкования.

Качество сырых окатышей определяется следующими факторами:

– качество концентрата, поступающего на окомкование. Увеличение удельной поверхности концентрата до определенного уровня приводит к увеличению доли контрольного класса крупности менее 16 свыше 5 мм, увеличению прочности сырых окатышей, однако переизмельчение концентрата отрицательно сказывается на технико-экономических показателях процесса окомкования. Граничное значение удельной

поверхности зависит от природы концентрата, так, для магнетитовых концентратов бассейна КМА удельная поверхность выше $2000 \text{ см}^2/\text{г}$ отрицательно сказывается на процессе окомкования, а для концентрата Белановского горно-обогатительного комбината оптимальным значением считается $2500\text{--}2700 \text{ см}^2/\text{г}$;

– однородность шихты, которая достигается точной дозировкой её компонентов и эффективной работой смесителей;

– состояние внутренней поверхности окомкователя, которая должна быть достаточно шероховатой, чтобы предотвратить проскальзывание шихты и достаточно гладкой, чтобы обеспечить равномерное скатывание окатышей, что достигается очистными ножами (бортовым и донным), которые обеспечивают соответствующее состояние гарниссажа чашевых окомкователей;

– режимные параметры работы чашевого окомкователя (производительность, скорость вращения, угол наклона).

При стабильном качестве шихты процесс окомкования и качество сырых окатышей определяются режимом работы окомкователя. В случае отклонения качества концентрата и нестабильности шихты процесс окомкования следует регулировать с учетом факторов, влияющих на качество сырых окатышей.

Одним из показателей, характеризующим процесс окомкования является коэффициент комкуемости шихты. В работе [1] было показано, что при коэффициенте комкуемости шихты, равном 0,7, достигаются наилучшие прочностные свойства сырых окатышей.

Коэффициент комкуемости является отношением значений максимальной молекулярной влагоёмкости W_{max}^M и разности максимальной капиллярной W_{max}^K и максимальной молекулярной влагоёмкостей:

$$K = \frac{W_{max}^M}{W_{max}^K - W_{max}^M}. \quad (1)$$

Установлено также, что с увеличением коэффициента комкуемости шихты возрастает пористость сырых окатышей, что позволяет интенсифицировать процессы сушки окатышей без их разрушения.

По коэффициенту комкуемости концентрата можно прогнозировать термическую стойкость сырых окатышей и путем изменения расхода бентонита управлять ею. В.М. Витюгин и Т.Г. Леонтьева предприняли попытку выразить воздействия, испытываемые окатышем в ходе сушки, через критериальные соотношения. В соответствии с теорией А.В. Лыкова [2] основной показа-

тель термостойкости капиллярно-пористых тел – коэффициент трещинообразования K_T , который представляет собой отношение разности между средним – W_{cp} и локальными W влагосодержаниями к начальному влагосодержанию – W_0 :

$$K_m = \frac{W_{cp} - W}{W_0}. \quad (2)$$

Нахождение зависимости между величинами K и K_T (рис. 1) позволяет прогнозировать термическую стойкость окатышей.

Эта зависимость описывается эмпирическим уравнением

$$K_T = 0,527 \exp(-2,6 K^4). \quad (3)$$

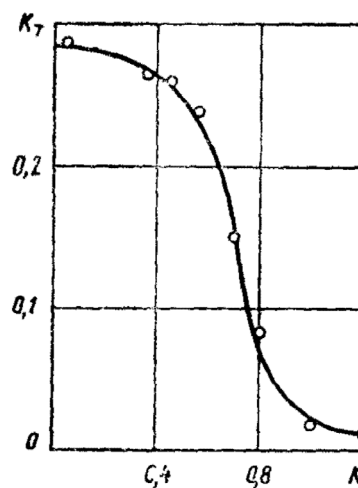


Рис. 1. Зависимость критерия трещинообразования K_T от коэффициента комкуемости шихты K

В области значений K , меньших 0,35, величина K_T практически не меняется. Видимо, можно считать, что удаление воды в этих условиях происходит как со свободной поверхности.

При значениях $K \geq 0,9$ материалы склонны к трещинообразованию. Эти материалы растрескиваются в условиях сушки даже при комнатной температуре. Чем выше коэффициент трещинообразования, тем интенсивнее может происходить сушка, т.е. градиент влажности может быть высоким, соответственно и остаточная влага в окатышах при переходе из зоны сушки в высокотемпературную зону подогрева может быть относительно высокой.

В ходе технологического процесса отбор проб из зон сушки не представляется возможным, поэтому для определения коэффициентов комкуемости и трещинообразования возможно только по лабора-

торным испытаниям. Для оценки возможности образования трещин в окатышах в зонах сушки нами была разработана методика определения максимальной капиллярной и максимальной молекулярной влагоемкости, методика была разработана на основе гостов для грунтов.

Максимальная молекулярная влагоемкость (ММВ) соответствует наибольшему содержанию воды, удерживаемой сорбционными силами или силами молекулярного притяжения, т.е. это способность частиц дисперсного материала удерживать молекулярным притяжением на своей поверхности то или иное количество воды [3].

Максимальная капиллярная влагоемкость (МКВ) – максимально возможное содержание капиллярной воды в дисперсном материале (без перехода ее в гравитационную). Ее величина зависит от структурного состава материала.

Для определения максимальной капиллярной влагоемкости шихты были изготовлены цилиндры с сетчатым дном [4].

Железорудный концентрат высушивается до состояния «абсолютно сухого», готовится измельченный бентонит. Для испытаний готовятся образцы сухого концентрата без добавок и с добавлением различного количества бентонитового порошка.

Пустой цилиндр с сетчатым дном и вложенным в него кружочком фильтровальной бумаги взвешивается на электронных весах с точностью до 0,1 г. Затем цилиндр наполняется подготовленной шихтой, при этом производится уплотнение материала путем легкого постукиванием о ладонь. Испытания проводятся в параллелях. Наполненные цилиндры взвешиваются и устанавливаются в ванночку с водой, уровень воды поддерживается постоянным, выше уровня дна цилиндра на 0,5 см. После насыщения, когда поверхность шихты в цилиндре увлажнит-

ся, что будет видно по бликам, отражаемым от пленки воды на поверхности, каждый цилиндр, вынимаемый из ванночки, вновь взвешивается. Расчет капиллярной влагоемкости шихты производится по формуле

$$МКВ = \frac{C - B}{B - A} \cdot 100\%,$$

где МКВ – максимальная капиллярная влагоемкость, %;

C – масса цилиндра с почвой после насыщения, г;

B – масса цилиндра с воздушно-сухой почвой, г;

A – масса пустого цилиндра, г.

Насыщенный влагой материал извлекается из цилиндра для определения максимальной молекулярной влагоемкости. Для определения максимальной молекулярной влагоемкости используется металлический шаблон толщиной 2 мм с отверстием диаметром 50 мм. На кусочек ткани кладут шаблон, смазанный вазелином. Заполняют шаблон шихтой, насыщенной влагой. Избыток шихты удаляется линейкой, перемещаемой по поверхности шаблона. Шаблон поднимают, а полученную лепешку покрывают вторым кусочком ткани. На пластину кладется стопка фильтрованной бумаги из 20 фильтров диаметром 90 мм, лепешка в ткани, такая же стопка фильтровальной бумаги, пластина. Полученный таким образом пакет помещается под пресс и выдерживается под постоянным давлением в 1 МПа в течение 15 мин, после чего лепешку освобождают от пластин, фильтровальной бумаги, ткани. Путем сгибания лепешки пополам проверяют завершенность процесса водоотдачи. Ломкость лепешки показывает, что водоотдача завершена. Массовую долю влаги в лепешке определяют методом высушивания до «абсолютно сухого» состояния по ГОСТ 5180-75.

Результаты лабораторных испытаний железорудной шихты

№ п/п	Дозировка бентонита, кг/т	МКВ	ср. знач. МКВ	ММВ	ср. знач. ММВ	К – коэффициент комкуемости	Кт – коэффициент трещинообразования
1	0	13,426	13,546	2,290	4,193	0,450	0,474
2	0	13,666		6,550			
3	4	14,178	14,661	6,015	5,624	0,620	0,359
4	4	15,143		5,900			
5	6	14,862	14,856	6,150	5,783	0,640	0,341
6	6	14,851		6,120			
7	8	15,089	15,094	7,170	6,150	0,690	0,292
8	8	15,100		5,900			
9	10	16,235	15,720	6,600	7,099	0,820	0,163
10	10	15,205		8,700			

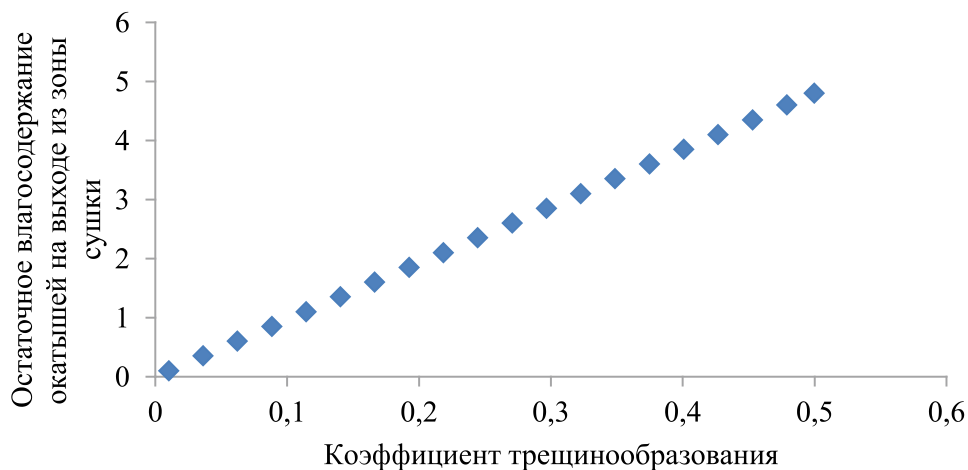


Рис. 2. Зависимость остаточного влагосодержания окатышей от коэффициента трещинообразования при $W_0 = 9,6\%$

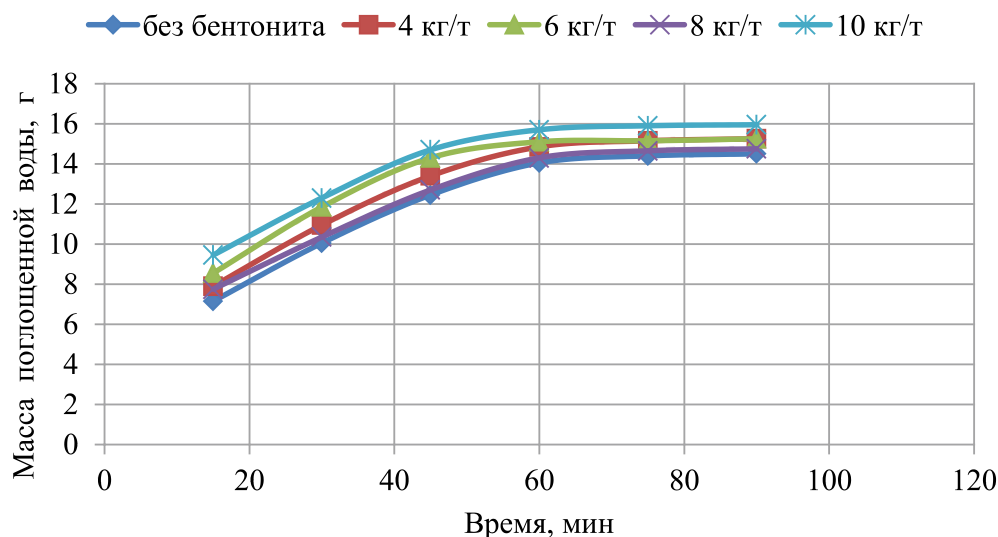


Рис. 3. Скорость поглощения воды шихтой различного состава

Кроме того, в процессе определения капиллярной влагоемкости фиксировали время насыщения пробы водой, с целью определения скорости влагопоглощения шихты в зависимости от дозировки бентонита.

В качестве объекта исследования был использован железорудный концентрат с содержанием железа 68%, удельной поверхностью 1479 см²/г, и бентонит, измельченный до размера частиц менее 0,1 мм, набухаемость бентонита составляла 15,6 мл/г.

По результатам измерения ММВ и МКВ рассчитали коэффициент комкуемости ших-

ты по формуле (1), а по формуле (3) – соответствующий ему коэффициент трещинообразования. Результаты замеров и расчетов представлены в таблице.

В зависимости от коэффициента трещинообразования был выполнен расчет допустимого остаточного влагосодержания окатышей, при условии начального влагосодержания 9,6%. Результаты расчета представлены на рис. 2.

Кроме того для определения времени насыщения шихты водой определяли массу цилиндра через равные промежутки времени, что позволяет прогнозировать скорость поглощения влаги железорудной шихтой

в зависимости от дозировки бентонита. Результаты данного эксперимента представлены на диаграмме (рис. 3).

Как видно из представленных зависимостей, увеличение бентонита в шихте приводит к увеличению её влагоемкости и времени насыщения.

Выводы

Для повышения коэффициента трещинообразования необходимо снижать дозировку бентонита, но при этом ухудшается комкуемость шихты, поэтому наиболее оптимальным можно считать дозировку бентонита от 4 до 6 кг/т, но при этом следует учитывать качественные показатели как концентрата, так и бентонита.

Работа представлена в рамках выполнения государственного задания № 11.63.2014/К.

Список литературы

1. Бережной Н.Н., Федоров С.А., Бойковец В.Я. Некоторые теоретические вопросы окомкования железорудных материалов. Сталь. – 1987. – № 3. – С. 13–17.
2. Коротич В.И. Теоретические основы окомкования железорудных концентратов. – М.: Metallurgia, 1986. – С. 151.
3. Лыков А.В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. – 472 с.
4. РСН 51-84 Инженерные изыскания для строительства. Производство лабораторных исследований физико-механических свойств грунтов. Госстрой РФ. 8 с.
5. Трушников В.Е. Исследование комкуемости мелкодисперсного сырья из отходов мелочи фосфоритов и хвостов обогащения, содержащих фосфор и магний, для электротермического получения удобрений. Ульяновский госуд. технический университет. – 2009. – С. 83–90.