

стве обеспечения. Строгая система постоянного аудита LME является дополнительным фактором снижения рисков для участников торговли через площадку LME.

Наравне со снижением рисков операции хеджирования уменьшают и доходность сделок за счет убытка на срочном рынке. Чем более полное хеджирование, тем значительно больше нивелируется прибыль и убытки. Поэтому опытные портфельные менеджеры страхуют лишь часть позиций. Используя эти инструменты, можно строить сложные стратегии, использовать полное и частичное хеджирование. Полное, предполагает страхование всей стоимости активов, а частичное - лишь ее доли.

Выводы и направление дальнейших исследований. Если менеджмент предприятий ГМК нацелен на обеспечение успешной деятельности в долгосрочной перспективе, система целей компании должна включать цели роста, развития, финансового результата и уровня риска. Нестабильность рынка в значительной степени влияет на цены на стальную продукцию, что делает необходимым хеджирование рисков, с целью ограничить финансовые потери. Это возможно за счет комбинации сделок на рынке спот и срочном рынке. Поэтому для производителей и их портфельных менеджеров актуальным будет страхование части контрактов на сталь с помощью финансовых операций, способных обеспечить защиту капитала инвесторов от неблагоприятной рыночной конъюнктуры.

Список литературы

1. The international effect of mining projects. Alfredo Lopes da Silva Neto. Department of Economics, Federal University of Vicosa, Brazil. 2004.
2. Safeguards, China and the Price of Steel. Benjamin H. Liebman. Department of Economics, St. Joseph's University. 2007.
3. An Econometric Model of the steel trade. Richard Dion. Technical Report 33. Bank of Canada. October 1982.
4. Death of a system. Bob Jones. Metal Bulletin, 2005 #8882.

УДК

Т.П. ДУБИНИНА, студентка, Криворожский технический университет

ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ФОРМИРОВАНИЯ ОКАТЫШЕЙ

В статье описаны исследования температурного режима формирования окатышей, а также приведены рекомендации для выбора оптимальной температуры обжига.

У статті описані дослідження температурного режиму формування окатишів, а також наведені рекомендації для вибору оптимальної температури випалу.

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. При производстве окатышей большое внимание уделяется проблемам снижения затрат энергоресурсов и повышение качества конечного продукта. Значи-

тельный резерв для решения этих задач заключается в усовершенствовании управления процессом. Методы управления обжига окатышей, которые применяются в Украине в сегодняшнее время не позволяют минимизировать затраты энергоресурсов и улучшить металлургические свойства продукта. Это является результатом недостаточного эффективного, с позиции термодинамики и кинетики, подбора компонентов шихты и выбора режима термообработки.

Анализ публикаций. В настоящее время опубликовано много научно-технического материала, описывающего технологии обжига окатышей. Каждая технология разработана для конкретного предприятия и предлагается как рекомендуемая, имеющая свои достоинства и недостатки. На данный момент не существует единой оптимальной технологии, которая могла бы применяться на любых предприятиях по производству окатышей.

Постановка задачи. Для оптимизации температурного режима обжига окатышей необходимо анализировать входные параметры – состав шихты, учитывать влияющие факторы – температура, время, высота слоя, и прогнозировать температурный режим обжига на каждом этапе.

Изложение материала и результаты. К задаче оптимизации процесса формирования окатышей применима функциональная зависимость:

$$\Phi_1 = f(x_i, y_i, z_i, t_i)$$

где, x_i - входные параметры; y_i – выходные параметры; z_i – возмущающие факторы; t_i – вектор времени.

Входными параметрами данной системы являются:

- концентрат;
- бентонит;
- известняк;
- торф.

Возмущающие факторы: время, скорость перемещения, температура газа, пройденное расстояние.

Выходные параметры: база данных и графики зависимостей температуры от времени воздействия газом и от пройденного расстояния.

Вектор времени обязательно учитывается, так как процесс обжига окатышей является динамическим.

Цели и задачи исследования.

Целью данного исследования является оптимизация процесса формирования окатышей.

Для достижения поставленной цели были решены следующие **задачи**:

- Разработка функциональной схемы процесса
- Разработка алгоритма оптимизации процесса
- Исследование зависимости температуры от времени воздействия теплоносителями и от пройденного расстояния.

Технология производства окатышей

Окатыши – твердые шарообразные тела, полученные путем окомкования тонкоизмельченных рудных материалов с добавкой связующих веществ с

флюсами или без них с последующим упрочнением способами обжига, цементации или автоклавирования.

По соотношению содержания основных и кислых пород (основности) окатыши разделяют на офлюсованные (частично или полностью) и неофлюсованные (окисленные). Производство окисленных окатышей включает окомкование шихты (получение сырых окатышей) в барабанных, тарельчатых или чашевых окомкователях и упрочнение их обжигом или безобжиговыми методами. В зависимости от использования добавок различают железорудные, железомарганцевые, железоникелевые и другие окатыши. Железорудные окатыши, в которых часть оксидов железа (до 95 %) восстановлена до металла, называются металлизированные (используются, главным образом, в электросталеплавильных печах для получения качественной стали).

Качество окатышей выражают большим перечнем показателей, отражающих их свойства и функциональных признаков. Обычно их группируют на следующие четыре признака: 1) химико-минеральный состав; 2) механические свойства; 3) физико-химические свойства и 4) стабильность качественных параметров.

По химико-минеральному составу окатыши делят на неофлюсованные, офлюсованные и доломитизированные.

Параметрами качества, выражающих механические свойства окатышей являются: крупность, прочность на разрушаемость и истираемость, содержание лимитируемого класса < 5мм и пористость.

В группу физико-химических свойств входят следующие признаки: 1) восстановимость; 2) прочность при восстановлении (при различных температурах: а – 600-800°С; б – 800-950°С); 3) газодинамические свойства расплава, измеряемые путем перепада давления при восстановлении; 4) размягчаемость; 5) набухаемость.

Стабильность качественных параметров оценивают по их колеблемости, которую регламентируют указанием двух величин: пределами колебаний (\pm % от среднего значения) и количество проб, укладываемых в обозначенные пределы.

Для производства окатышей в цехе используют железорудный концентрат, доломитизированный известняк, глину бентонитовую, активированный торф и газообразное топливо.

На рис. 1 приведена функциональная схема формирования окатышей.



Рис. 1. Функциональная схема формирования окатышей

Блок 1. Пульпа подается по пульпопроводу, магнитно блокируется и поступает в сгустители.

Блок 2. В сгустителе взвешенные твердые частицы (с содержанием твердого 30...45 %) осаждаются на дно и сгребаются к центру разгрузочной воронки. Сгущенный продукт-пульпа с плотностью 55...65 %, удаляется со дна сгустителя насосами и размагничивается. Затем перегоняется в резервуары с механическими мешалками для усреднения. Из резервуаров насосами пульпа перегоняется в распределитель принудительной подачи. Для поддержания постоянного давления в распределителе приводы насосов имеют бесступенчатую регулировку.

Блок 3. Поддача пульпы на фильтр регулируется автоматически, так чтобы количество поступающей пульпы соответствовало производительности фильтра. Для каждой технологической линии предусмотрено 10 фильтров, в том числе один резервный. Влажность кека составляет 9.5 %. Концентрат подается в дозировочные бункера, а распределение по бункерам производится при помощи плужковых сбрасывателей.

Блок 4. Измельчение известняка.

Блок 5. Бункерование.

Блок 6. Концентрат, известняк, бентонит и торф при помощи автоматических весодозаторов выдаются на сборный конвейер в заданной пропорции.

Блок 7. Смешивание осуществляется в роторном смесителе, установленном на ленте, а затем однородная шихта поступает в барабанные окомкователти.

Блок 8. За счет перекатывания материалов и поверхностного натяжения воды, которая впрыскивается для регулирования процесса окомкования в барабане. Рост размера гранул прекращается, когда в барабане не остается мелких частиц. Дальнейшее перекатывание материала в окомкователе обеспечивает механическое уплотнение окатышей, для транспортировки, загрузки на решетке и тепловой обработки на ней без разрушения. Для получения необходимой влажности шихты, предусматривается подача воды в окомкователь.

Блок 9. После окомкования окатыши проходят **грохочение** на роликовом грохоте с разделением на 2 класса: минус 9,5 мм и плюс 9,5 мм. Окатыши с размером менее 9,5 мм ленточными конвейерами возвращаются в окомкователь для дальнейшей доработки. Сырые окатыши размером крупнее 9,5 мм подаются на роликовый грохотоукладчик с помощью которого производится дополнительно отделение мелочи и укладка кондиционных окатышей на колосники движущейся решетки равномерным слоем высотой около 180 мм. Мелочь после роликового укладчика возвращается на конвейер концентрата после фильтров.

Блок 10. Сушка и предварительный нагрев окатышей осуществляется на движущейся колосниковой решетке. Изменение температуры в зоне сушки показано на (рис. 8). Окатыши проходят три зоны: сушка в восходящем потоке, сушка в нисходящем потоке и предварительный подогрев в нисходящем потоком. При сушке в восходящем потоке горячие газы с температурой 400°C нагнетаются в слой окатышей снизу, выпаривают из окатышей влагу и нагревают слой до средней температуры примерно 230°C. Увлажненные газы, покидающие слой после сушки в восходящем потоке, охлаждаются в слое приблизительно до 93 °C и после очистки пыли до санитарных норм выбрасываются в атмосферу. При сушке в нисходящем потоке газы с t 400°C просасываются через слой сверху вниз. Целью этой операции является обеспечение удаления влаги с верхнего слоя окатышей для предотвращения разрушения их в зоне предварительного нагрева. При предварительном нагреве газы с температурой 1040...1050°C просасываются через слой сверху вниз. Целью этой операции является получение необходимой прочности окатышей, при которой они могут быть подвергнуты обжигу во вращающейся печи без заметного разрушения. Средняя температура окатышей после решетки - 980°C. Тепловая обработка окатышей на решетке осуществляется горячими газами, отходящими из вращающейся печи. Перекачка газов по зоне решетки осуществляется тремя технологическими вентиляторами, из которых два просасывают газ сверху вниз через слой окатышей в зоне предварительного нагрева, сушки нисходящим потоком и подают его в зону сушки восходящим потоком и один вентилятор отсасывает газ из колпака указанной зоны. Схемой преду-

смотрена возможность сброса излишков газа, поступающего из вращающейся печи в зону предварительного нагрева и подаваемого в зону восходящим потоком (байпасная система). Решетка оснащена промежуточной сухой газоочисткой, установленной перед вентиляторами зоны предварительного нагрева (циклоны), мокрой очистки (скруббер) перед сбросным вентилятором зоны сушки восходящим потоком.

Блок 11. Обжиг окатышей осуществляется во вращающейся печи диаметром – 6700 мм, длиной – 45720 мм. Для обжига применяется природный газ, который сжигается в торцевой горелке, установленной на разгрузочном конце печи. Обжиг окатышей в печи происходит за счет излучения факела горелки и раскаленной футировки печи, а также конвекционного теплообмена между газовым потоком циркулирующим противопотоком, через печь, огнеупорной футировкой и поверхностью слоя окатышей. Печь оборудована вентилятором для подачи воздуха на сжигание газа и газорегуляторной станцией, обеспечивающей давление газа перед горелкой не более 2 кг/см². Окатыши перемещаются вдоль печи за счет ее вращения, при этом происходит постоянное пересыпание слоя окатышей и равномерный их обжиг при оптимальной температуре 1260 + 15-30°С.

Блок 12. После печи окатыши попадают на стационарный охлажденный грохот, с помощью которого удаляются спеки окатышей или настыли с вращающейся печи крупностью 200 мм и более.

Блок 13. После грохочения окатыши подаются на охлаждение в кольцевой охладитель. Кольцевой охладитель представляет собой решетку в форме кольца шириной 3111.5 мм и средний диаметр (полу суммой внешнего и внутреннего диаметров) 20116.8 мм. В загрузочной части охладителя установлена разравнивающая стенка для формирования равномерного слоя окатышей высотой 762 мм. Охладитель имеет привод бесступенчатой регулировки скорости, за счет чего осуществляется автоматическая регулировка высоты слоя окатышей. Охладитель вращается в горизонтальной плоскости и конструктивно разделен на три зоны: рабочая зона, где происходит охлаждение окатышей, составляет 303 градуса окружности; загрузочная зона - дуга в 25 градусов, разгрузочная зона-дуга в 32 градуса. Охлаждение окатышей осуществляется продувом холодного воздуха снизу вверх. Рабочая зона подразделяется, в свою очередь, на две зоны: зона рекуперационного охлаждения, в которой от окатышей отбирается 70...80 % тепла и зона окончательного охлаждения, в которой температура окатышей доводится до 120°С. Из зоны рекуперационного охлаждения нагретый воздух передается во вращающуюся печь частично через загрузочный желоб охладителя и частично по отдельному газопроводу, соединяющему свод рекуперационной зоны охлаждения с разгрузочной частью печи. Из зоны окончательного охлаждения газы сбрасываются в атмосферу без предварительной очистки с содержанием пыли не более 60 мг/м³. Забор охлаждающего воздуха осуществляется с атмосферы. Работу кольцевого охладителя обеспечивают два охлаждающих вентилятора, по одному на каждую зону охлаждения.

Блок 14. Охлажденные окатыши подаются на вибропитатель-грохот, где производится отделение класса плюс 50 мм, который убирается пластинчатым конвейером через специальный желоб, за пределы цеха в открытый штабель. Класс минус 50 мм (кондиционные окатыши), системой ленточных конвейеров транспортируется на склад или на отгрузку. Схемой грузопотоков предусматривается возможность подачи окатышей на склад, непосредственно на погрузку в баржи или в железнодорожные вагоны, а также одновременная подача окатышей на погрузку непосредственно с фабрики и со склада в железнодорожные вагоны или в баржи. Укладка готовых окатышей на склад и отгрузка его со склада осуществляется соответственно одноконсольным штабелеукладчиком и роторным заборщиком напольного типа на рельсовом ходу импортной поставки.

На рис. 2 приведена принципиальная схема производства окатышей, подробное описание приведено выше.

Как правило, для производства окатышей используются небогатые железом руды, различные железосодержащие отходы. Для удаления минеральных примесей исходную (сырую) руду мелко измельчают и концентрируют различными способами. Процесс изготовления окатышей часто называют окатывание руды. Шихта, то есть смесь тонко измельченных концентратов железосодержащих минералов, флюса (добавок, регулирующих состав продукта), и упрочняющих добавок (обычно это бентонитовая глина), увлажняется и подвергается окатыванию во вращающихся чашах (грануляторах) или барабанах-окомкователях.

В результате окатывания получают близкие к сферическим частицы диаметром 1÷30 мм. Они высушиваются и обжигаются при температурах 1200÷1300°C на специальных установках - обжиговых машинах. Обжиговые машины (обычно конвейерного типа) представляют собой конвейер из обжиговых тележек (паллет), которые движутся по рельсам. В верхней части обжиговой машины над обжиговыми тележками располагают отопительный горн, в котором происходит сжигание газообразного, твердого или жидкого топлива и формирование теплоносителя для сушки, нагревания и обжига окатышей. Различают обжиговые машины с охлаждением окатышей непосредственно на машине и с выносным охладителем.

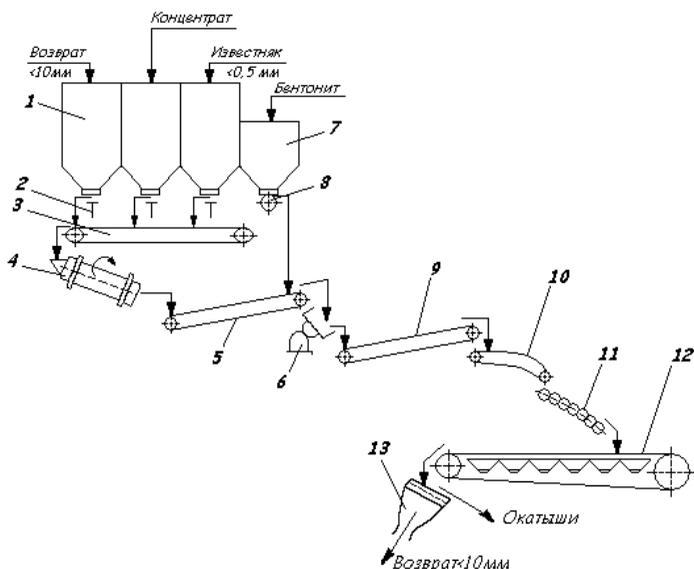


Рис. 2. Принципиальная схема производства окатышей

1 – бункера; 2 – питатели; 3 – конвейер; 4 – смешительный барабан; 5 – конвейер; 6 – чашевый окомкователь; 7 – бункер; 8 – питатель; 9 – конвейер; 10 – укладчик; 11 – питатель; 12 – машина упрочняюще-восстановительного обжига; 13 – грохот

Обожжённые окатыши приобретают высокую механическую прочность. При обжиге удаляется значительная часть сернистых загрязнений.

При использовании окатышей исключается раздельная загрузка в доменную печь руды и флюсов, значительно сокращается количество шлака при переработке руд с низким содержанием железа. Кроме того, повышается производительность плавки чугуна в доменной печи.

В мировой науке не прекращаются работы по поиску новых добавок и технологических приёмов изготовления окатышей.

На рис. 3 проведен общий алгоритм вычисления температурного режима обжига окатышей. В качестве входных данных используется: концентрат, бентонит, известняк и торф. В зависимости от входных параметров рассчитывается оптимальное значение температуры. В результате получаем графические и табличные зависимости полученных значений.

Температура в зоне обжига зависит одновременно от многих параметров. В общем алгоритме вычисления температурного режима обжига окатышей (рис. 3) учитывается длина зоны, скорость тележки. В блоке под номером 2 учитывается длина зоны обжига окатышей. В блоке под номером 4 – скорость передвижения тележки. В блоке №6 происходит вычисление оптимальной температуры. После расчета каждого из параметров, проверяется остался ли выбранный режим оптимальным. Далее формируется база данных и выводятся рекомендации.

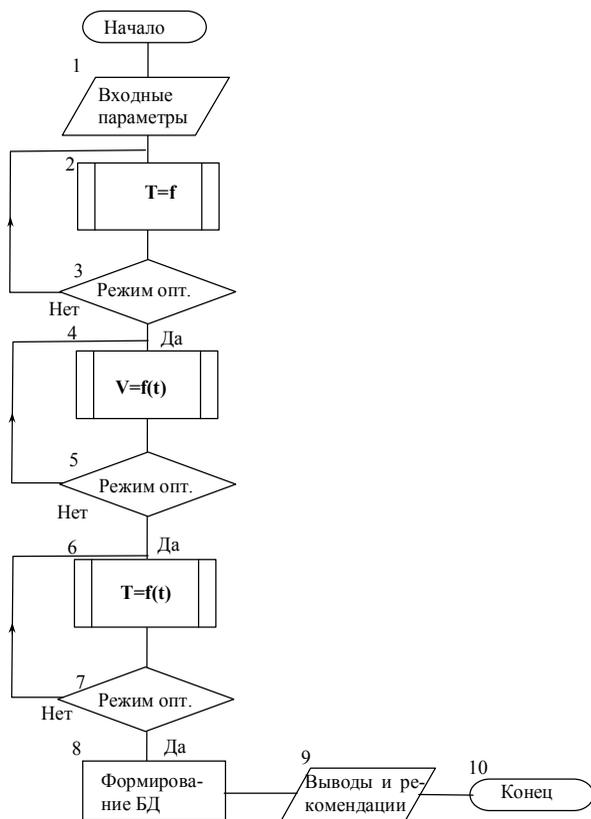


Рис. 3. Общий алгоритм вычисления температурного режима обжига окатышей

Алгоритм вычисления температурного режима в данной области (рис. 4) показывает процесс определения температуры в каждой из зон. Входными параметрами являются значение предыдущей зоны и температура, с которой поступили окатыши. Далее происходит расчет температуры для данной зоны обжига. Если окатыши достигли нужной температуры в слое, тогда осуществляется перевод в следующую зону. Если же нет, то учитываются заново все параметры и происходит расчет температуры.

Каждая зона имеет свое индивидуальное предназначение, поэтому необходим расчет температуры обжига в каждой из них. Поэтапное вычисление температуры заносится в базу данных для последующей работы с этими данными.

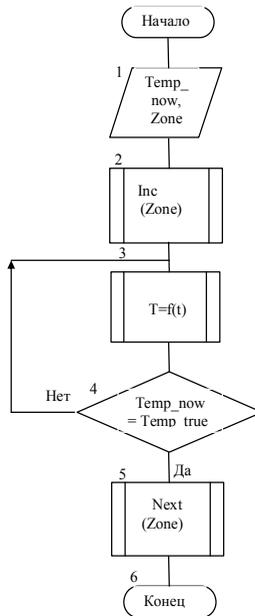


Рис. 4. Алгоритм вычисления температурного режима в данной области

На рис. 5 приведена структура базы данных процесса исследования температурного режима формирования окатышей и оптимизации их параметров.

Разработка структуры базы данных исследования температурного режима формирования окатышей и оптимизации их параметров.

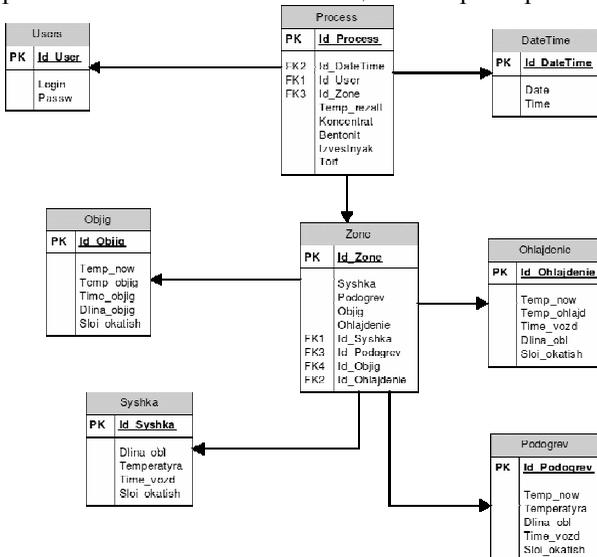


Рис. 5. Структура базы данных

Расшифровка таблиц БД

Таблица Process (табл. 1) содержит все информацию о процессе обжига.

Таблица 1

Описание полей таблицы Process

Название поля	Тип поля	Назначение
Id_Process	AutoInc	Уникальный номер процесса. Необходим для связи с другими таблицами. Генерируется автоматически.
Id_DateTime	Integer	Идентификатор даты и времени. Вторичный ключ. Необходим для связи с таблицей DateTime
Id_User	Integer	Идентификатор пользователя. Вторичный ключ. Необходим для связи с таблицей Users
Id_Zone	Integer	Идентификатор зоны. Вторичный ключ. Необходим для связи с таблицей Zone
Temp_rezalt	Integer	Результирующая температура
Koncentrat	Integer	Количество концентрата
Bentonit	Integer	Количество бентонита
Izvestnyak	Integer	Количество известняка
Torf	Integer	Количество торфа

Таблица Zone (табл. 2) содержит все данные о зонах: сушки, подогрева, обжига и охлаждения.

Таблица 2

Описание полей таблицы Zone

Название поля	Тип поля	Назначение
Id_Zone	AutoInc	Уникальный номер зоны. Необходим для связи с другими таблицами. Генерируется автоматически.
Syshka	String (30)	Сушка
Podogrev	String (30)	Подогрев
Objig	String (30)	Обжиг
Ohlajdenie	String (30)	Охлаждение
Id_Syshka	Integer	Идентификатор зоны сушки. Вторичный ключ. Необходим для связи с таблицей Syshka
Id_Podogrev	Integer	Идентификатор зоны подогрева. Вторичный ключ. Необходим для связи с таблицей Podogrev
Id_Objig	Integer	Идентификатор зоны обжига. Вторичный ключ. Необходим для связи с таблицей Objig
Id_Ohlajdenie	Integer	Идентификатор зоны охлаждения. Вторичный ключ. Необходим для связи с таблицей Ohlajdenie

Таблица Ohlajdenie (табл. 3) необходима для сохранения информации про зону охлаждения.

Таблица 3

Описание полей таблицы Ohlajdenie

Название поля	Тип поля	Назначение
Id_Ohlajdenie	AutoInc	Уникальный номер зоны охлаждения. Необходим для связи с другими таблицами. Генерируется автоматически.
Temp_now	Integer	Температура, с которой окатыши поступают в зону охлаждения
Temp_ohlajd	Integer	Температура охлаждения

Продолжение таблицы 3

Название поля	Тип поля	Назначение
Time_vozd	DateTime	Время воздействия
Dlina_obl	Integer	Длина зоны охлаждения
Sloi_okatish	Integer	Слой окатышей

Таблица Objig (табл. 4) содержит данные про зону обжига.

Таблица 4

Описание полей таблицы Objig

Название поля	Тип поля	Назначение
Id_Objig	AutoInc	Уникальный номер зоны обжига. Необходим для связи с другими таблицами. Генерируется автоматически.
Temp_now	Integer	Температура, с которой окатыши поступают в зону обжига
Temp_objig	Integer	Температура обжига
Time_objig	DateTime	Время обжига
Dlina_objig	DateTime	Длина зоны обжига
Sloi_okatish	Integer	Слой окатышей

Таблица Podogrev (табл. 5) содержит информацию про зону подогрева.

Таблица 5

Описание полей таблицы Podogrev

Название поля	Тип поля	Назначение
Id_Podogrev	AutoInc	Уникальный номер зоны подогрева. Необходим для связи с другими таблицами. Генерируется автоматически.
Temp_now	Integer	Температура, с которой окатыши поступают в зону подогрева
Temperatyra	Integer	Температура подогрева
Dlina_obl	Integer	Длина зоны подогрева
Time_vozd	DateTime	Время воздействия
Sloi_okatish	Integer	Слой окатышей

Таблица Syshka (табл. 6) содержит информацию про зону сушки.

Таблица 6

Описание полей таблицы Syshka

Название поля	Тип поля	Назначение
Id_Syshka	AutoInc	Уникальный номер зоны сушки. Необходим для связи с другими таблицами. Генерируется автоматически.
Dlina_obl	Integer	Длина зоны сушки
Temperatyra	Integer	Температура в зоне сушки
Time_vozd	DateTime	Время воздействия
Sloi_okatish	Integer	Слой окатышей

Таблица DateTime (табл. 7) хранения даты и времени, в которых происходил процесс.

Таблица 7

Описание полей таблицы DateTime

Название поля	Тип поля	Назначение
Id_DateTime	AutoInc	Уникальный даты и времени процесса. Необходим для связи с другими таблицами. Генерируется автоматически.
Date	DateTime	Дата процесса.
Time	DateTime	Время процесса

Таблица Users (табл. 8) необходима для сохранения информации о пользователе (сотруднике). Т.е. база данных рассчитана на её использование несколькими сотрудниками.

Таблица 8

Описание полей таблицы Users

Название поля	Тип поля	Назначение
Id_User	AutoInc	Уникальный номер пользователя. Необходим для связи с другими таблицами. Генерируется автоматически.
Login	String (30)	Логин для входа в систему
Passw	String (30)	Пароль для входа в систему

Исследование зависимости температуры окатышей от расстояния по длине машины и от изменения скорости тележек обжиговой машины.

Исследование зависимости температуры окатышей от расстояния по длине машины.

На рис. 6 приведена зависимость температуры окатышей от расстояния по длине машины. Данные для получения этой диаграммы были получены опытным путем.

По результатам исследований установили:

- От 0 до 20 м приходится на зону сушки. Из зависимости видно, что температура в этой зоне повышается от 0° до 300°.
- 20-30 м – зона подогрева. В этой зоне температура повышается от 300° до 600°.
- 30-55 м - зона обжига. Температура растет от 600° до 1290°.
- 55-100 м – зона охлаждения. В этой зоне температура спадает от 1290° до 0°.

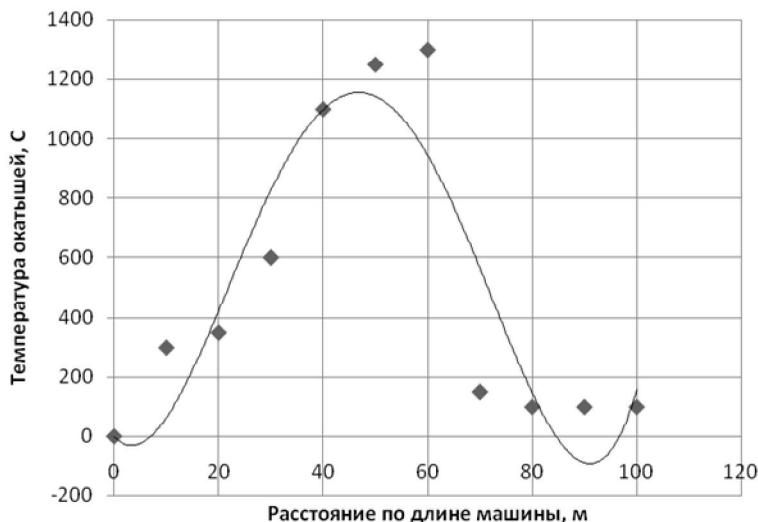


Рис. 6. Зависимость температуры окатышей от расстояния по длине машины

Получено аналитическое выражение данной зависимости:

$$y = -5E-05*x^4 - 0.06*x^3 + 3.12*x^2 - 19.19*x$$

При этом надежность аппроксимации составляет $R^2=0.81$

Исследование зависимости температуры окатышей от изменения скорости тележек обжиговой машины.

На рис. 7 приведена зависимость температуры окатышей от изменения скорости тележек обжиговой машины. Окатыши в обжиговой машине перемешаются на специальных тележках. В зависимости от скорости передвижения окатышей, последние успевают нагреваться до нужной температуры.

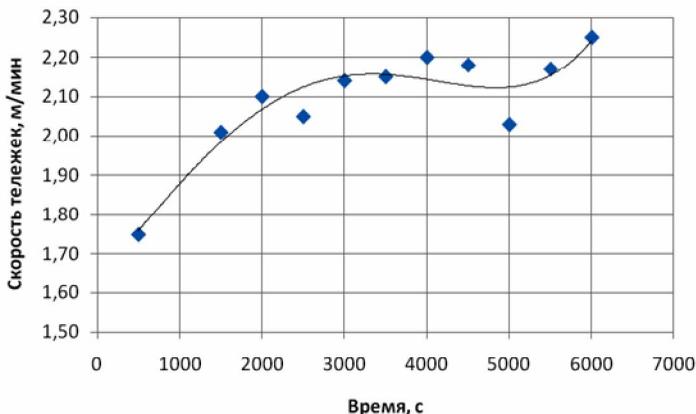


Рис. 7. Зависимость изменения скорости тележек обжиговой машины

Аналитическое выражение данной зависимости:

$$Y = 3E-15*x^4 - 3E-11*x^3 + 3E-08*x^2 + 0.0002*x + 1.63$$

Надежность аппроксимации: $R^2=0.9$

В результате исследований получена зависимость изменения температуры в зоне сушки от времени (рис. 8).

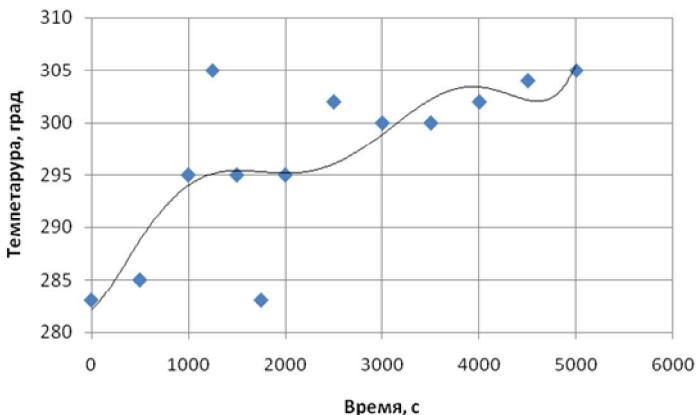


Рис. 8. Зависимость изменения температуры в зоне сушки от времени

Видно, что изменение температуры является нелинейной функцией. Это сложный термодинамический процесс требующий детального изучения, для того чтобы можно было эти процессы описывать математическими формулами и производить соответствующие вычисления.

Исследуемый процесс является многофакторной задачей, следовательно, в рамках студенческой научной работе сложно полностью исследовать данный процесс.

Для повышения качества окатышей и улучшения технологии производства обратили внимание на соблюдение режима шихтовки и расчета оптимальной температуры обжига. Исследования и анализ факторов, влияющих на температуру окатышей в отдельных технологических зонах машины показали, что можно обеспечить прогнозирование и оптимизацию процесса в режиме реального времени, что позволит повысить точность соблюдения температурного режима выжигания и увеличить производительность машины примерно на 2 % за счет уменьшения выхода некондиционных окатышей.

Несомненно, качество окатышей зависит от качества исходного сырья. Но это лишь один параметр из многих, которые нужно учесть, чтобы получить качественный продукт, конкурентоспособный на сегодняшнем рынке.

Выводы.

- Оптимизация температурного режима окатышей позволит сократить энергозатраты, долю некондиционных окатышей, что повысит качество, и снизить себестоимость продукта. А также приведет к повышению производительности обжиговой машины примерно на 2 %.

- Для каждой зоны обжиговой машины можно рассчитать идеальную температуру в слое окатышей, которой будет достаточно для спекания последних, и при которой не будет разрушаться их структура.

- Установлено, что от 0 до 20 м приходится на зону сушки, а температура в этой зоне повышается от 0° до 300°. 20-30 м является зоной подогрева. В этой зоне температура повышается от 300° до 600°. 30-55 м - зона обжига. Температура растет от 600° до 1290°, а 55-100 м – зона охлаждения. В этой зоне температура спадает от 1290° до 0°.

- Экономия энергозатрат достигается путем подогрева газа, пропуская его через окатыши после обжига для их охлаждения. Таким образом, достигается две цели: охлаждение окатышей и подогрев газа, который потом подается на предшествующие стадии.

- Следующим технологическим прогрессом в этой области является создание систем прогнозирования и оптимизации контроля температуры во всех зонах обжиговой машины.

- Управление процессом температурной обработки окатышей позволит уменьшить среднеквадратичное отклонение температуры в технологических зонах от заданного значения и следовательно, энергозатраты более, чем на 0,7 % по сравнению с существующими системами, реализованными на базе ПИ-регуляторов.

• Ожидаемый экономический эффект от внедрения системы управления процессом температурной обработки окатышей, например, на ЦГОКе составит более 100 тыс. грн. за год.

Список литературы

1. **Ксендзовский В.Р.** Автоматизация процесса производства окатышей / В.Р.Ксендзовский. –М.: Металлургия, 1971. –216 с.
2. Разработка математических моделей для расчета теплотехнических параметров обжига окатышей на конвейерных машинах / Г.М. Майзель, А.П. Буткарев, Ф.Р.Шкляр [и др.] // Сталь. –1981. №4. –С. 21-25.
3. **Графман Семен Михайлович.** Теплотехнические и аэродинамические исследования обжига и охлаждения железорудных окатышей в кипящем слое: дисс. канд. техн. наук: 05.14.04 / Графман Семен Михайлович. –Донецк, 1975. –179 с. –Библиогр.: -С. 165–178.
4. **Федченко Николай Николаевич.** Исследование процесса термообработки железорудных окатышей и разработка системы автоматической оптимизации: дисс. канд. техн. наук: 05.13.07 / Федченко Николай Николаевич. –К., 1979. –178 с.
5. **Петрушов С.И.** Современный агломерационный процесс./ Петрушов С.И. –Алчевск, ДонГТУ, 2006. -357 с.

УДК

Д.Н. ВОРНИКОВ, студент, Криворожский технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМОМ РАБОТЫ МЕЛЬНИЦЫ

Приведен обзор существующих методов измельчения минерального сырья, а также описание исследований и разработки системы и программного обеспечения контроля управления режимом работы мельницы.

Наведено огляд існуючих методів дрібнювання мінеральної сировини, а також опис досліджень і розробки системи й програмного забезпечення контролю управління режимом роботи млина.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Измельчение и классификация минерального сырья являются основными подготовительными операциями перед его обогащением. Измельчение сырья производится в стержневых и шаровых мельницах, а также в мельницах мокрого измельчения. Мельница и классификатор могут работать последовательно, раздельно или в замкнутом цикле друг с другом. Измельчение полезных ископаемых - это один из наиболее важных процессов в обогащении и перерабатывающей промышленности.

Постановка задачи. Создание программного продукта предназначенного для выполнения следующих задач:

- управления технологическим процессом измельчения и классификации, руды на различных стадиях;