

УДК 622.788 004.942

В.В. Быковец, Е.Н. Власова, А.И. Михалев

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕРМОУПРОЧНЕНИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ОКАТЫШЕЙ

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы построения информационной технологии моделирования процессов термоупрочнения железорудных окатышей. Разработаны требования к программному обеспечению и его структура для моделирования и процесса программного обучения.

Ключевые слова: информационная технология, окатыши, обжиговая машина, xml.

Введение

Металлургия является одной из важнейших отраслей экономики Украины, ориентированной на внутренние сырьевые и топливно-энергетические ресурсы. В этих условиях доменная плавка до сих пор является одним из основных способов получения чугуна. В свою очередь, производство железорудных окатышей является одним из важнейших этапов в этом процессе. В то же время при их получении необходимо обеспечить требуемое качество при минимальных энерго- и материало- затратах. В связи с этим актуальным является разработка информационных технологий для моделирования процесса термоупрочнения железорудных окатышей.

Постановка задачи

Целью данной работы является создание новой информационной технологии, которая позволит решать задачи моделирования процессов производства железорудных окатышей, выбрать оптимальные технологические режимы, создавать новые конфигурации обжиговых печей с новыми технологическими параметрами. Кроме того, ставится задача интеграции в программное обеспечение специального модуля для обучения и тестирования персонала обжиговых машин.

Основная часть

К программному обеспечению предъявляются следующие требования:

1) Программное обеспечение должно позволять создавать модель конвейерной обжиговой печи с необходимым количеством зон и параметрами в этих зонах.

2) Должна существовать возможность расширения функциональности системы без изменения ее ядра.

3) В программном режиме обучения должна иметься возможность добавления новых тестов, неизвестных или не реализованных в основной части программы.

4) Программное обеспечение должно обеспечивать возможность моделирования различных конфигураций обжиговых машин с учетом их индивидуальных параметров.

5) Программное обеспечение должно быть простым в изучении и эксплуатации интерфейсом пользователя.

6) Кросс-платформенность реализации.

7) Запись данных в формате доступном для дальнейшей обработки в других программных средствах.

Математическое моделирование процесса термоупрочнения окатышей включает в себя комплекс уравнений, описывающих тепло- и массообмен в слое окатышей, с учетом физико-химических процессов, протекающих при обжиге.

В общем виде модель представлена следующей системой уравнений [1,2]:

$$\begin{cases} L_{H_2O} \rho_{ок} (1-\xi) \frac{\partial W_{H_2O}}{\partial \tau} = -\alpha_v (t_{ок} - t_{исп}), \\ \rho_{ок} (1-\xi) C_{ок} \frac{\partial t_{ок}}{\partial \tau} = -\alpha_v (t_2 - t_{ок}) + Q_1 - Q_2 + Q_3, \\ \rho_2 C_2 W_2 \frac{\partial t_2}{\partial x} = \alpha_v (t_{ок} - t_2) \end{cases} \quad (1)$$

где:

$\rho_{ок}$ - плотность концентрата;

ξ - пористость слоя окатышей;

$t_{ок}$ - температура окатышей;

τ - время;

α_v - коэффициент теплопроводности (от газа к окатышам) ;

t_g - температура газа;

Q_1 - теплота окисления магнетита;

Q_2 - теплота разложения известняка;

Q_3 - теплота окисления углерода.

Решение системы (1) проводилось методом конечных разностей по явной схеме.

Структура программного обеспечения представлена на рисунке 1. В качестве представления данных был выбран XML [3], обладающий рядом достоинств:

- в формате XML могут быть описаны основные структуры данных — такие как записи, списки и деревья;
- самодокументируемый формат, который описывает структуру и имена полей также, как и значения полей;
- имеет строго определённый синтаксис и требования к анализу, что позволяет ему оставаться простым, эффективным и непротиворечивым;
- широко используется для хранения и обработки документов;
- формат, основанный на международных стандартах;
- иерархическая структура XML подходит для описания практически любых типов документов;
- представляет собой простой текст, свободный от лицензирования и каких-либо ограничений;
- не зависит от платформы;



Рисунок 1 - Структура программной реализации информационной технологии

Программное обеспечение выполнено на языке программирования C++ с использованием библиотеки Qt, что

позволило добиться кросс-платформенности и высокой скорости выполнения программ.

В тоже время модуль оценки действий оператора обжиговой машины потребовал использования иного подхода к проектированию. Использование в нем жестко (на этапе компиляции) встраиваемого кода нецелесообразно, так как возможные ограничения и проверки на входные и выходные данные и их сочетание в общем случае неизвестны (допустимая температура в определенной зоне конкретной обжиговой машины, максимальная скорость движения палет и т.д.). С учетом этих особенностей модуль оценки действий оператора обжиговой машины был разработан в виде интерпретатора, позволяющего выполнять специальные программы на языке JavaScript [4] для выполнения задач проверки входных данных и оценки допустимых действий.

Входными параметрами являются:

1. Температура исходных окатышей.
2. Доля влаги в исходных окатышах.
3. Доля магнетита в исходных окатышах.
4. Доля известняка в исходных окатышах.
5. Доля углерода в исходных окатышах.
6. Доля бентонита в исходных окатышах.
7. Пористость окатыша.
8. Порозность слоя окатышей.
9. Плотность окатышей.
10. Высота слоя шихты.
11. Скорость движения обжиговых тележек.

Для каждой зоны обжиговой машины задается длина зоны, температура, скорость и состав газа.

В результате моделирования получены:

1. Температура слоя окатышей в горне;
2. степень разложения известняка;
3. степень окисления магнетита;
4. влагосодержание;
5. температура газа в слое;
6. степень выгорания углерода
7. прочность окатышей.

Примеры результатов расчета приведены на рисунках 2-4.

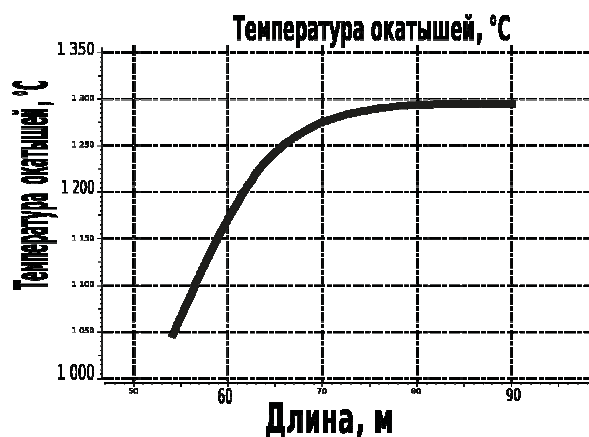


Рисунок 2 - Изменение температуры окатышей по длине обжиговой машины

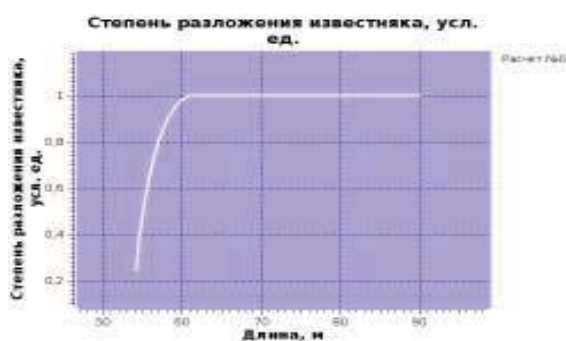


Рисунок 3 - Степень разложения известняка по длине обжиговой машины

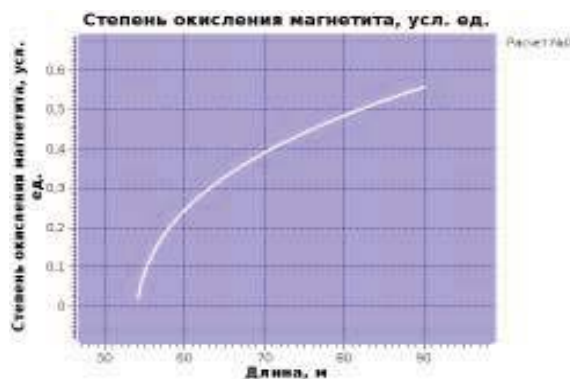


Рисунок 4 - Степень окисления магнетита по длине обжиговой машины

Выводы

Разработана информационная технология, позволяющая:

- создавать модели конвейерных обжиговых машин различных конфигураций.

- моделировать процессы термической обработки железорудных окатышей.

- проводить тестирование и обучение персонала обжиговых машин.

ЛИТЕРАТУРА

1.Бережний М.М., Мовчан В.П. Збагачення та окускування сировини. –Кривий Ріг., 2000.- 367 с.

2. Hybrid Pelletized Sinter Process for Blast Furnace Burden / G.G. Efimenko, S.E. Sulimenko, N.V. Ignatov, A.I. Mikhalyov, V.V. Bikovets //7-th International Symposium of Croatian Metallurgical Society “Materials and Metallurgy” (SHMD’2006, June, 18-22, 2006). – Metallurgy. –Vol. 45. – N 3, 2006. – Section B, 7. (ISSN 0543-5846).

3. Дэвид Хантер, Джефф Рафтер и др. XML. Базовый курс. — М.: Вильямс, 2009. — 1344 с.

4.<http://www.ecma-international.org/publications/standards/Ecma-262.htm>