

## Эвристический метод определения состава доменных шлаков, обеспечивающий требуемые физико-химические свойства

ЛИХАЧЕВ Ю.М., ХОДОТОВА Н.Е.

Институт черной металлургии НАН Украины

Представлен метод выделения из исходной выборки экспериментальных и технологических данных составов доменных шлаков, обеспечивающий требуемые физико-химические свойства.

Описано метод виділення з вихідного зразок експериментальних даних і технології, яка забезпечує домену шлак формулювань необхідні фізико-хімічні властивості.

Describes a method of selection from the original sample of experimental data and technology that provides domain slag formulations required physic-chemical properties.

**Введение.** Подавляющее большинство изучаемых объектов относится к классу сложных систем, характеризующихся значительным числом взаимосвязанных параметров. Задача исследования таких систем заключается в установлении зависимости между входными параметрами - факторами и выходными параметрами - показателями качества функционирования системы и определения уровней факторов, оптимизирующих выходные параметры системы.

Анализ экспериментальных и технологических данных [1] для металлургических систем показывает большую вариацию свойств, при кусочно-обособленном характере области изменения составов (рис.1). Зависимость свойств от многомерной совокупности компонентов, заставляет учитывать как можно большее их количество, с целью повышения достоверности прогнозирования. Трудность получения аналитического вида связи состав-свойство, приводит к необходимости использования методов локального сглаживания.

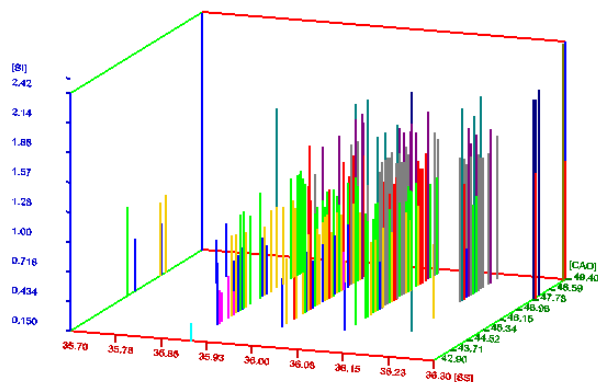


Рис. 1. Зависимость свойств от химсостава

Согласно теореме Вейерштрасса, любая непрерывная функция  $Q(X)$  может быть аппроксимирована равномерно сходящейся последовательностью алгебраических полиномов  $P_N(X) = \sum a_k X^k$ , т. е. для любого числа  $\epsilon > 0$  найдется такой полином  $P_N(X)$ , что для всех  $x \in X$  будет справедливо неравенство  $|Q(x) - P_N(x)| \leq \epsilon$ .

Математическая модель никогда не бывает тождественно рассматриваемому объекту, не передает всех его свойств и особенностей. Она основывается на упрощении, идеализации и является приближением описанием объекта. Поэтому, результаты, получаемые на

основе этой модели, имеют всегда приближенный характер. Их точность определяется степенью соответствия, адекватностью модели и объекта.

**Постановка задачи.** Прогнозная точность физико-химических свойств данного состава доменных шлаков существенно повышается в случае одновременного использования множества компонентов (Табл.1) и изменения объема выборки (Табл.2). Общий коэффициент корреляции показывает точность аппроксимации для полного или усеченного состава. Таким образом, можно определить относительный вклад каждого элемента состава.

Таблица.1. Изменение коэффициента корреляции свойств от состава шлака для полной выборки

Элемент	Коэф.корреляции	Состав
Si	0.3752	CaO/ SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /MgO
Si	0.4506	MnO, CaO/ SiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /MgO
Si	0.5028	SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO, MnO, MgO
S	0.6966	
Mn	0.7728	
P	0.6424	

Таблица.2. Изменение коэффициента корреляции свойств от состава шлака при уменьшении объема выборки

Элемент	Коэф.корреляции	Состав
Si	0.4071	SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO, MnO, MgO
S	0.5958	
Mn	0.7277	
P	0.6105	

Вариация степени полинома позволяет изменять адекватность модели (табл.3). С увеличением степени полинома увеличивается величина коэффициента корреляции, что говорит о более тесной соответствии модели исходным значениям.

Для анализа многомерной информации была разработана программа, позволяющая строить полиномиальные модели, отображать на плоскость парные элементы состава, выделять подобласти для последующей обработки.

Таблица.3. Изменение коэффициента корреляции от степени аппроксимирующего полинома

Элемент	Коэфф. корреляции	Степень полинома	Состав
Si	0.5028,0.5162	2,3	SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO, MnO, MgO
	0.5195,0.5219	4,5	
S	0.6966,0.7043	2,3	
	0.7082,0.7091	4,5	
Mn	0.7728,0.7815	2,3	
	0.7822,0.8939	4,5	
P	0.6424,0.6539	2,3	
	0.6551,0.6579	4,5	

Аппроксимация зависимости состав-свойство полиномом степени 1-5, позволяет получить как тренд свойства для полинома первого порядка, так и подробную детализацию для полиномов высших степеней (Рис.2). Аппроксимация полиномом 1-й степени показывает увеличение значения свойства с ростом как Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, так и SiO<sub>2</sub>. С ростом степени полинома общая тенденция сохраняется, но появляются области, характеризующие свойство, с большей степенью детализации для высших степеней.

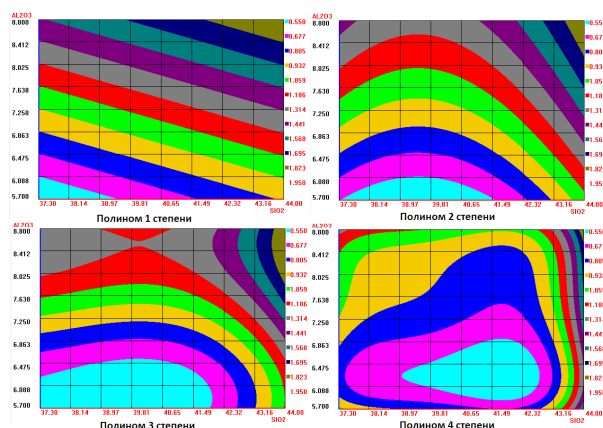


Рис.2. Детализация свойства при изменении степени аппроксимирующего полинома

Развертывание парных составов в едином отображении, позволяет показать влияние каждого компонента на исследуемое свойство (рис.3).

Задавая диапазон свойств (рис.4), и анализируя графическое отображение влияния конкретного состава на свойство, находим оптимальный диапазон для всех компонентов исследуемого свойства. С учетом степени влияния каждого элемента состава (табл.1), можно расширять или сужать диапазон для определенных пар элементов состава.

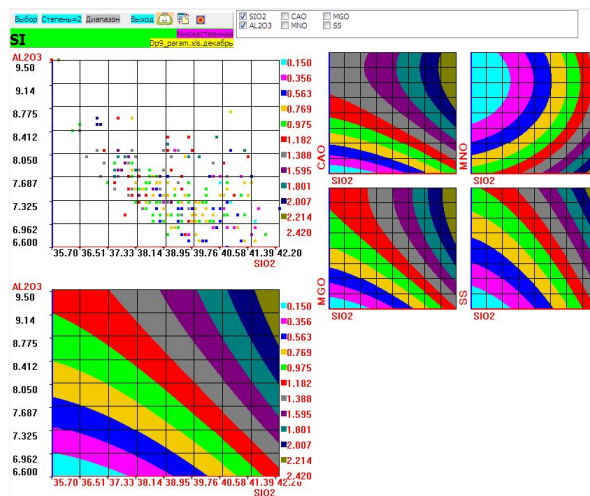


Рис.3. Проектирование на плоскость многомерной зависимости свойств от состава

Рассматривая все компоненты состава, и анализируя влияние каждой пары на свойство (Рис 5), можно последовательно получить прямоугольную область состава, информативно отражающую связь состав-свойство. Выделение области для каждой пары составов не адекватно выделяет области для других пар. Нелинейный характер модели (в общем случае) заставляет использовать метод последовательного улучшения парных областей состава. Поэтому последовательное улучшение выделенных областей для каждой пары в итоге дает диапазон областей для многомерного пространства составов. Учет влияния каждого элемента состава (табл.1,2) позволяет изменять размеры областей за счет меньшей информативности связи некоторых элементов состава и свойства.

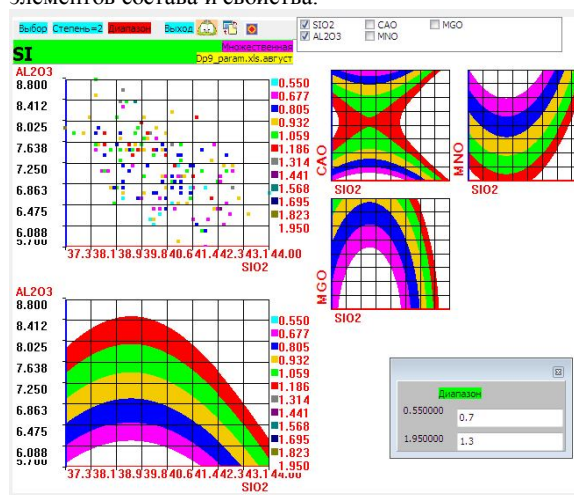


Рис.4. Выделение областей состава по диапазону свойств

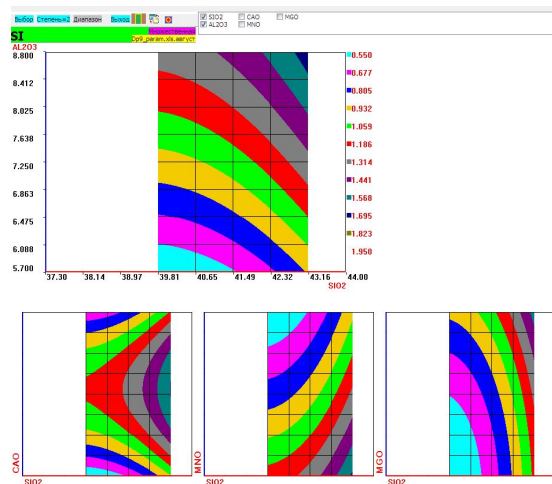


Рис. 5. Эвристическое выделение прямоугольных областей состава для заданных свойств

## Выводы

Представлен графический метод выделения прямоугольных областей состава для получения заданного диапазона свойств. Разработано программное средство, представляющее конечному пользователю сервис для выделения и последовательного уточнения областей состава доменных шлаков, обеспечивающие требуемые свойства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Тогобицкая Д.Н., Хамхотко А.Ф., Белькова А.И., Крупий В.Г., Цымбал Г.Л. Влияние магнезии и основности агломерата на его металлургические свойства и химический состав продуктов доменной плавки. //Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. Сб. науч. тр. –Киев. Наукова думка. – 2002. –Вып.5. –С.83-89.

пост. 25.05.11

## Моделирование процессов взаимодействия расплавов в восстановительных условиях доменной плавки

ТОГОБИЦКАЯ Д.Н., БЕЛЬКОВА А.И., ГРИНЬКО А.Ю.

Украина, Институт черной металлургии НАН Украины

Изложены принципы и результаты физико-химического и математического моделирования свойств металлургических расплавов и процессов их взаимодействия для восстановительных условий доменной плавки с использованием параметров межатомного взаимодействия в расплавах.

Викладені принципи та результати фізико-хімічного і математичного моделювання властивостей металургійних розплавів і процесів їх взаємодії для відновлювальних умов доменної плавки з використанням параметрів міжатомної взаємодії в розплавах.

Principles and results of physical and chemical and mathematical modelling of properties metallurgical melts and interaction processes between them for regenerative conditions of domain fusion with use of parameters of inter-nuclear interaction in melts are presented.

**Состояние вопроса.** Эффективность использования задач повышения качества выплавляемого чугуна определяется наличием устойчивых корректных моделей, связывающих показатели конечных продуктов плавки с рядом технологических и термодинамических факт автоматизированных систем управления при решении оров процесса.

Несмотря на огромное количество представленных в литературе разработанных математических моделей, алгоритмов и программных комплексов для решения технологических задач в области доменного производства, сохраняют свою актуальность вопросы совершенствования аналитического описания процессов формирования и взаимодействия металлургических расплавов на основе состоятельных прогнозных моделей, которые можно было бы использовать в промышленных условиях с целью их оперативного анализа и управления

В частности, к настоящему времени в вопросах прогнозирования свойств шлаковых расплавов накоплен большой объем экспериментальной информации, имеются различные их модели (идеального, регулярно, субрегулярного, ассоциированного и т.д.) разного уровня сложности с той или иной степенью точности обобщающие эти данные. Недостатком большинства прогнозных уравнений является их применимость для узкой области составов. При сопоставлении экспериментальных данных, полученных по различным методикам и в различных условиях, зачастую обнаруживаются значительные расхождения не только в величине конкретного свойства, но и в характере зависимости этого свойства от состава.