

А.Ф. Хамхотько, А.И. Белькова, Н.А. Циватая, А.С. Скачко,
Ю.М. Лихачев

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАДАЧ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СВОЙСТВ ЩЕЛОЧЕСОДЕРЖАЩИХ ШИХТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ

Аннотация. С целью обеспечения АСУТП доменной плавки средствами оперативной оценки металлургических свойств железорудных материалов, актуализирована база данных «Железорудные материалы» банка данных «Металлургия» сведениями о металлургических свойствах щелочесодержащих агломератов и окатышей. Развита модель для прогнозирования свойств щелочесодержащих железорудных материалов и изучено влияние K_2O на их температуры начала и конца размягчения.

Ключевые слова: база данных, железорудные материалы, шихта, температура размягчения, щелочи.

Постановка проблемы. Важнейший фактор повышения эффективности доменного производства – улучшение подготовки железорудного сырья к плавке, повышающее газопроницаемость столба шихты и степень использования тепловой и восстановительной способности газов в печи.

Качество железорудных материалов определяется их физико-химическими свойствами в исходном состоянии и поведением в процессе металлургического передела. В частности, внимание исследователей сосредоточено на поиске мероприятий, обеспечивающих окатышам и агломерату способность сохранять высокую прочность, газопроницаемость и восстановимость в процессе доменной плавки.

Расположение зоны плавления шихты в доменной печи определяется плавкостью исходных материалов, причем критериями положительной оценки являются высокие температуры начала размягчения ($T_{нр}$) и плавления ($T_{п}$) агломератов и окатышей при малом интервале между ними.

© Хамхотько А.Ф., Белькова А.И., Циватая Н.А., Скачко А.С., Лихачев Ю.М., 2013

Изменение свойств железосодержащих шихтовых материалов под воздействием щелочей оказывает отрицательное влияние на ход доменной плавки. К таким изменениям относятся разрушение, т.е. образование мелочи при высоких температурах, разбухание, преждевременное размягчение и образование тестовидной фазы. Эти изменения могут проходить в широком диапазоне температур и распространяться на значительные области печи. Влияние щелочей на преждевременное размягчение шихты легко объяснимо. Оно обусловлено тем, что щелочи вызывают снижение температуры плавления. При этом имеет значение, разумеется, и исходный состав пустой породы.

Сложившийся, в условиях нынешнего дефицита энергоресурсов, переменный (не стабильный) уровень качества комбинированного дутья (концентрация восстановителей, температура, доля фурменного газа) обуславливает разную степень развития восстановительно-тепловых процессов в доменной печи, влияющих на характер агрегатных превращений железорудных материалов. Следствием этого является расширение температурных диапазонов жидкообразования, изменения соотношения в протяженностях зон существования материалов в твердом, размягченном и капельножидком состоянии. В результате этого заметно отклоняются от рационального распределения газов по сечению печи, возрастает сопротивление его движению (нижний перепад) нарушается теплообмен в зоне формирования расплавов, возрастает колеблемость состава продуктов плавки, снижается ровность хода печи и ее экономичность.

Целью работы является актуализация базы данных «Железорудные материалы» банка данных «Металлургия», содержащей сведения о металлургических свойствах щелочесодержащих агломератов и окатышей и развитие моделей для их прогнозирования в современных условиях доменной плавки. Определение влияния K_2O на температуры начала и конца размягчения шихтовых материалов.

Основная часть. Важность оперативной оценки металлургических свойств и отсутствие соответствующих установок для испытания материалов на отечественных металлургических предприятиях обуславливает актуальность прогнозирования свойств компонентов доменной шихты с целью выбора железорудного сырья с оптимальными свойствами, совершенствования методов управления его производством и доменной плавкой в изменяющихся шихтовых и технологиче-

ских условиях. Достоверность прогноза при этом в значительной степени определяется репрезентативностью массива экспериментальных данных. С этой целью в Институте черной металлургии НАН Украины на основе накопленных собственных экспериментальных данных и публикаций в справочниках, монографиях, отраслевых сборниках и периодических изданиях создана документально-фактографическая база данных «Железорудные материалы», которая органически входит в банк данных «Металлургия» (БДМет) [1,2].

База данных «Железорудные материалы» создана в 1990 г. в рамках развития банка данных «Металлургия» на основе накопленных в ИЧМ собственных экспериментальных данных и литературных публикаций других авторов. К 2001 году в базе собраны и систематизированы сведения о химсоставах и свойствах более 750 различных железорудных материалов (окатышей, руд, агломератов) с глубиной поиска 30 лет. В базу были введены 77 источников информации, в том числе данные о свойствах материалов в исходном состоянии (плотность, пористость, ударная прочность, истираемость, гранулометрия, сопротивление сжатию) и свойствах, характеризующих процесс восстановления (восстановимость, степень металлизации, размягчаемость, прочностные и теплофизические характеристики и др.).

Для актуализации базы данных «Железорудные материалы» к настоящему времени проанализированы данные об их составе и свойствах, опубликованные за последние 12 лет в журналах «Сталь», «Известия ВУЗов. Черная металлургия», «Металлургическая и горнорудная промышленность», Бюллетень «Черная металлургия» и «Металлург». Согласно разработанному стандарту представления экспериментальных данных в виде паспортов соответствующей структуры [3] подготовлено 12 паспортов (рисунок 1), включающие данные о 60 химических составах и свойствах агломератов и окатышей, в том числе и данные щелочесодержащих материалов. Полученными на ряде предприятий стран СНГ, в частности, на ОАО «МК Азовсталь», заводе им.Петровского, в условиях ОАО «НМЛК», Западно-Сибирского меткомбината [4-9] и др. Причем отобраны только источники информации, содержащие одновременно сведения о составе и свойствах материалов, что необходимо для последующего решения задач прогнозирования свойств. Пополнение и актуализация базы данных «Железорудные материалы» осуществляется постоянно.

Документ 19(14-93)

Классификация: минеральное сырье, железорудные материалы, горнодобывающие предприятия

Авторы: Кулиш Е.А., Плотников А.В.

Название: Геологические факторы экономической ценности железорудных месторождений

Издатель: НАН Украины, Институт геохимии окружающей среды, Криворожский экономический ин-т Киевского национально-го экономического ун-та. - К., 2005. - 291 с.

Реферат: Докладна тенденція к снижению качества исходной руды, что приводит к снижению конкурентоспособности продукции железо-добывающих предприятий Украины на мировом рынке. Также приведена оценка перспектив развития железорудной минерально-сырьевой базы Украины, учитывая требования как отечественных, так и зарубежных металлургических предприятий к качеству железорудной продукции, а также потенциал железорудной минерально-сырьевой базы основных конкурентов Украины на мировом рынке

Референт: Скачко А.С.

Эксперт: к.т.н. Хахотко А.Ф.

Наименование (сырья, минерала): железная руда

Месторождение, предприятие: Бразилия (Samarco), Австралия (Mt. Newman), Швеция (Malmberget), Канада (OSM, Fire lake, Kero lake), Израилия (Telvs), Россия (ЛьбГОК, Кастануншский ГОК), Украина (ш. Гигант, ЮГОК, ЦГ ОК, СевГОК, ИнГОК, НКГОК)

Методика: химический состав руды определялся по ГОСТ 23881.0-80

Химический состав железорудного минерального сырья основных предприятий Украины мира, %

№	Фирма	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P	S	MnO
1	Samarco	67,00	1,8	1,1	0,06	0,04	0,02	0,02	0,03	0,004	0,03
2	Mt. Newman	66,7	2,8	1	0,04	0,03	0,01	0,02	0,044	0,06	0,1
3	Malmberget	71,5	0,2	0,21	0,06	0,2	0,03	0,04	0,01	0,01	0,13
4	OSM	66,3	3,00	0,34	0,06	0,05	0,02	0,02	0,01	0,026	0,03
5	Fire lake	66,5	3,00	0,15	0,51	0,36	0,02	0,02	0,1	-	0,1
6	Kero lake	65,83	4,44	0,15	0,53	0,38	0,00	0,00	0,008	0,005	0,1
7	Telvs	65,7	0,15	0,18	0,41	0,2	0,14	0,13	0,01	0,032	0,02
8	ЛьбГОК	68,4	4,34	0,17	0,16	0,2	0,2	0,1	0,001	0,034	0,62
9	Кастануншский ГОК	67,6	5,73	0,26	0,17	0,17	0,07	0,06	0,015	0,371	-
10	ш. Гигант	65,7	7,1	0,19	0,18	0,34	0,22	0,1	0,018	0,04	0,06
11	ЮГОК	65,13	8,78	0,18	0,42	0,6	0,19	0,1	0,007	0,054	0,06
12	ЦГОК	65,59	7,2	0,25	0,19	0,38	0,09	0,06	0,007	0,04	0,04
13	СевГОК	64,54	9,64	0,35	0,17	0,39	0,13	0,1	0,012	0,023	0,03
14	ИнГОК	64,98	9,7	0,56	0,256	0,6	0,12	0,1	0,019	0,118	0,03
15	НКГОК	65,59	7,7	0,1	0,25	0,36	0,2	0,14	0,011	0,054	0,03
16											

Рисунок 1 – Документ базы данных «Железорудные материалы»

Созданная база данных явилась основой для последующей разработки моделей прогнозирования свойств железорудных материалов на основе их химического состава с учетом щелочей с использованием физико-химических параметров межатомного взаимодействия [1]. Для расчета металлургических свойств шихтовых материалов с учетом влияния щелочей в зависимости от содержания в них Fe_2O_3 , FeO и параметров ρ и Δe , характеризующих структуру и свойства шлаковой связки системы, разработаны модели для прогнозирования температур начала и конца размягчения в виде уравнений: Свойство = $f(\rho, \Delta e, Fe_2O_3, FeO, K_2O, Na_2O)$ [2], где ρ - показатель стехиометрии, равный отношению чисел катионов и анионов; Δe – среднестатистическое число электронов, локализуемых на связующих орбиталях в направлении связи катион-анион. При этом величина Δe при исследованиях связи состав-свойство выполняет функцию химического эквивалента системы.

Разработанные модели прогнозирования свойств железорудных материалов программно реализованы на ПЭВМ. Исходными данными для расчета является химический состав материалов, точность и пол-

нота которого определяют точность расчетных значений свойств, при стабильном гранулометрическом составе и технологии производства. Модели могут быть использованы для оценки влияния щелочей на свойства железорудных материалов с целью принятия управляющего воздействия на формирование и стабилизацию состава и соотношения шихтовых материалов с учетом конкретных шихтовых и технологических условий.

На рисунке 2 представлены зависимости, отражающие влияние щелочей на свойства шихтовых материалов в диапазоне их содержания от 0 до 1,25%.

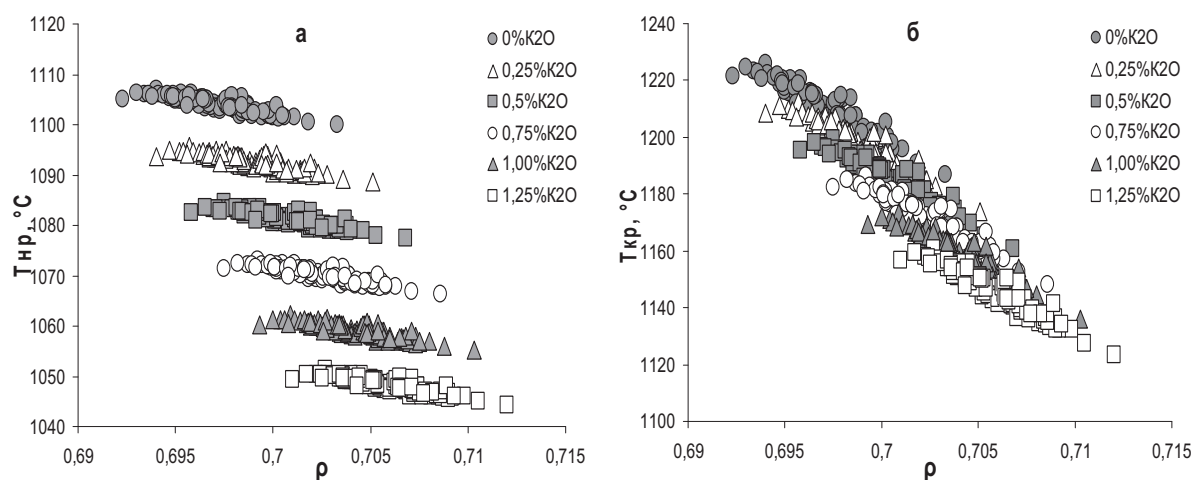


Рисунок 2 – Соотношение температур начала (а) и конца (б) размягчения шихтовых материалов и показателя стехиометрии ρ для различных содержаний K_2O

Из рисунка 2 следует, что повышение количества K_2O в шихте вызывает снижение температур начала и конца размягчения шихтовых материалов, причем каждые 0,25% оксида калия уменьшают эти температуры приблизительно на 11°C. При содержании в шихте 1,25% K_2O температуры начала и конца размягчения снижаются приблизительно на 56°C, что свидетельствует о существенном воздействии оксидов щелочных металлов на температуры начала и конца плавления шихты, а в высокотемпературных зонах доменной печи в условиях ее восстановимости это влияние, как показано в работе [10], еще и усиливается.

Актуализация банка данных «Металлургия» обеспечит создание репрезентативной выборки и перспективу уточнения моделей с учетом щелочей в различных зонах доменной печи.

Выводы. Актуализирована база данных «Железорудные материалы» банка данных «Металлургия», содержащая сведения о металлургических свойствах щелочесодержащих агломератов и окатышей. Развита модель для прогнозирования свойств щелочесодержащих железорудных материалов. Показано понижающее влияние K_2O на температуры начала и конца размягчения шихтовых материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. База данных и модели для прогнозирования плавкости железорудных материалов / Э.В. Приходько, А.Ф. Хамхотько, Д.Н. Тогобицкая // Сталь. – 1998. - №9. – С.7-9.
2. Информационное обеспечение и прогноз свойств железорудных материалов / Д.Н. Тогобицкая, А.Ф. Хамхотько, Л.А. Головкин // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. – Вып.2. – Киев: Наукова думка. – 1998. – С.93-100.
3. О паспортизации экспериментальных материалов для банка данных «Металлургия» / Жмойдин Г.И., Приходько Э.В., Тогобицкая Д.Н., Хамхотько А.Ф., Лихачев Ю.М. // Изв.ВУЗов. Черная металлургия. – 1988. - №8. – С.136-139.
4. Особенности современных шихтовых условий в доменном цехе ОАО «ДМЗ им. Петровского» / А.Я. Ткач, А.В. Шепель, В.А. Петренко и др. // Металл и литье Украины. – 2003. - №5. – С.28-32.
5. Влияние качества железорудного сырья и кокса на показатели работы доменных печей в условиях ОАО «НЛМК» / И.Ф. Курунов, В.Н. Титов, В.Л. Емельянов и др. // Металлург. – 2010. - №1. – С.28-34.
6. Фазовый состав и структурные особенности промышленного агломерата Череповецкого металлургического комбината «ОАО Северсталь» / Т.Я. Малышева, Т.Я. Деткова, И.В. Логинов, А.В. Горшколепова // Металлург. – 2010. - №5. – С.39-43.
7. Особенности минерального состава и металлургические свойства высокоосновного магнезиального агломерата / В.А. Долинский, А.А. Пермяков // Вестник горно-металлургической секции РАН (отделение металлургии): сб. науч. тр. – Новокузнецк. – 2006. – Вып. 17. – С.64-72.
8. Производство и проплавка агломерата повышенной основности, полученного с применением бразильской руды / А.В. Дидевич, Н.С. Халапонин, Н.И. Храпко и др. // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2007. - №1. – С.12-15.
9. Влияние генезиса и основности шихты на минералогический состав и металлургические свойства агломерата: автореф. дис. на соискание научной степени канд. техн. наук // Н.Р. Мансурова. – М. – 2007. – 20с.
10. Доменная плавка. 2-е издание / Товаровский И.Г. - Днепропетровск: "Пороги". – 2009. – 768с.