



УДК 669.162.244

В.И. Большаков /д. т. н./,**С.Т. Шулико, И.Г. Муравьева** /к. т. н./,**Ю.С. Семенов**

Институт черной металлургии НАН Украины

В.С. Листопадов

КГГМК «Криворожсталь»

А.А. Дударенко /к. т. н./

ООО «НИИ ММ»

Н.В. Михайловский,**В.П. Радченко**

НМетАУ

Оценка изменения профиля засыпи шихты в доменной печи радиолокационным уровнемером

Представлены результаты исследований перемещения характерных точек профиля поверхности засыпи шихты в осевой зоне доменной печи объемом 5000 м³, полученных с помощью радиолокационного измерителя уровня засыпи на колошнике. Результаты исследований будут использованы при освоении автоматизированной системы контроля профиля засыпи шихты на ДП №9 комбината «Криворожсталь». Ил. 4. Табл. 1. Библиогр.: 8 назв.

доменная печь, радиолокационный измеритель, уровень засыпи шихты, профиль поверхности, параметры состояния поверхности засыпи, скорость схода

Информация о профиле поверхности засыпи шихты позволяет расширить возможности составления и коррекции программ загрузки шихты, повысить уровень автоматизации процесса загрузки и управления распределением шихты для обеспечения ровности хода печи, увеличения ее производительности и стабилизации состава чугуна /1, 2/.

С целью контроля уровня засыпи шихты на колошнике доменной печи (ДП) устанавливаются измерители уровня различных конструкций /3/. Наибольшее применение получили электромеханические измерители уровня. В последние годы за рубежом все большее распространение получают измерители уровня засыпи шихты, основанные на радиолокационном принципе измерений /4/. Это объясняется их преимуществами в сравнении с механическими измерителями, в частности, непрерывностью и достаточно высокой точностью измерений.

В 2002 г. ИЧМ совместно с сотрудниками металлургического задания на создание и установку системы определения профиля засыпи шихты на ДП №9, оборудованной бесконусным загрузочным устройством с лотковым распределителем шихты фирмы «Paul Wurth» (БЗУ) /5/. Система определения профиля засыпи шихты разработана Национальной металлургической академией Украины и Научно-исследовательским институтом металлургии и материаловедения (г. Днепропетровск) /6–8/. Установка этой системы, состоящей из стационарно установленных пяти измерителей на куполе и пятнадцати на переходном конусе печи, расположенных под разными углами наклона к поверхности засыпи шихты, предусмотрена во время капитального ремонта 1-го раз-

ряда на доменной печи №9 КГГМК «Криворожсталь». Для испытания входящих в систему измерителей уровня засыпи шихты типа РДУ–Х2 и накопления информации об изменениях положения контролируемых точек поверхности шихты на колошнике ДП №9 КГГМК «Криворожсталь» с ноября 2002 г. и до момента ее остановки на капитальный ремонт в мае 2003 г., проведено опытно-промышленное опробование одного радиолокационного измерителя этого типа. Исследования работы измерителя были направлены на подтверждение его работоспособности в условиях доменной плавки.

Во время испытаний измеритель РДУ–Х2 был установлен на переходном конусе купола доменной печи №9 на отм. 48000 и удален от оси печи на 2,3 м. Радиолуч был направлен к вертикальной оси печи под углом 13°. Для защиты РДУ–Х2 от воздействия газопылевых потоков при температуре газа до 400 °С и избыточном его давлении под колошником до 0,15 МПа использовался азот из цеховой технологической магистрали. Показания выходного тока РДУ–Х2 в диапазоне 4...20 мА выводились на табло миллиамперметра, а уровень засыпи фиксировался самопишущим прибором. С учетом градуировки «ток–расстояние» РДУ–Х2 и его положения на колошнике определялись координаты точки пересечения оси радиолуча с поверхностью засыпи шихты по высоте печи. Для анализа радиолокационной обстановки в зондируемом рабочем пространстве печи дополнительно использовалась информация, поступающая от РДУ–Х2 по последовательному цифровому интерфейсу RS–485/232. Анализ спектра сигнала РДУ–Х2, транслируемого по RS–каналу, показал, что уровень радиосигнала, отраженного от поверхности шихтовых материалов, на 15...25 дБ превышает уровень шумов в радиолокационном канале, что позволило надежно определять положение поверхности засыпи в осевой зоне колошника печи в диапазоне изменения уровня засыпи 0...8 м.

С помощью радиолокационного измерителя, а также двух электромеханических зондов–уровнемеров (ЭМЗ–1,2), измеряющих уровень засыпи в периферийной зоне колошника, производилась оценка параметров в трех точках поверхности засыпи, а имен-

Расстояние
“технологический ноль—
точка поверхности”, м

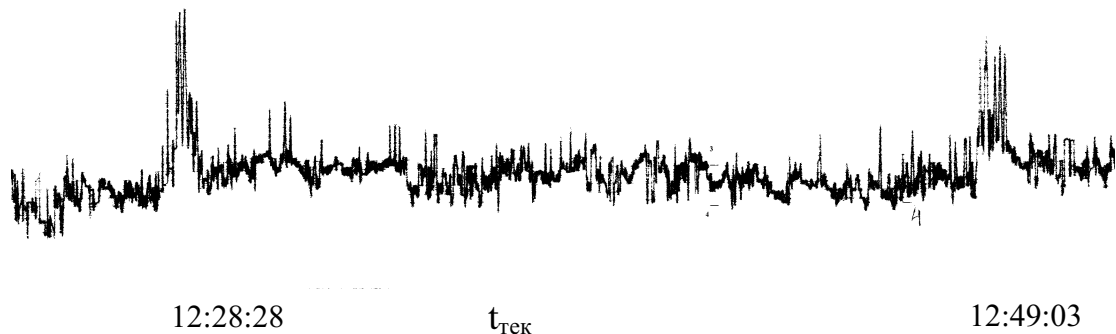


Рис. 1. Диаграмма показаний самописца измерителя уровня засыпи РДУ-Х2

но профиля засыпи за цикл загрузки шихты, скоростей ее опускания, глубины осевой воронки. В ходе исследований контролировались параметры дутьевого режима и загрузки, состав газа по радиусу печи под защитными плитами колошника. Информация об уровне засыпи в осевой зоне печи, полученная с помощью радиолокационного измерителя уровня и регистрируемая самописцем, приведена на рис. 1.

Под расстоянием от технологического нуля до точки поверхности подразумевается расстояние по вертикали от технологического нуля до измеряемой точки.

Анализ приведенной на рис. 1 диаграммы показывает, что в случаях выгрузки в центр печи порций кокса (К) и окатышей (О) с 1...4 угловых положений лотка БЗУ (КО 4-1, КО 3-1) луч измерителя отражается от желоба лотка БЗУ, о чем свидетельствует периодическое повторение участков с высокой амплитудой колебаний. Предполагается, что другие изменения показаний измерителя вызваны помехами, создаваемыми шлейфом потока выгружаемого материала и перемещением его по откосу поверхности засыпи.

По результатам исследований с использовани-

ем показаний электромеханических зондов и радиолокационного измерителя уровня построены условные профили и слои отдельных порций материала, выгружаемого с лотка БЗУ в течение цикла загрузки (рис. 2). Кроме того, на рис. 2 для оценки достоверности построения профилей засыпи шихты по трем измеренным значениям уровней точек поверхности приведены профили, образованные после выгрузки исследовательских порций во время загрузки печи после ее капитального ремонта 1-го разряда в 1989 г. Сопоставление формы этих профилей поверхности засыпи шихты подтверждает достоверность полученных результатов измерений с помощью измерителя РДУ-Х2 и свидетельствует о том, что при большей дискретизации точек замера профиля по радиусу печи информативность и точность полученной информации о состоянии поверхности засыпи увеличится.

На рисунках обозначено: $\overline{КО}$ — исходный профиль перед выгрузкой порции; $КО \downarrow$ — профиль,

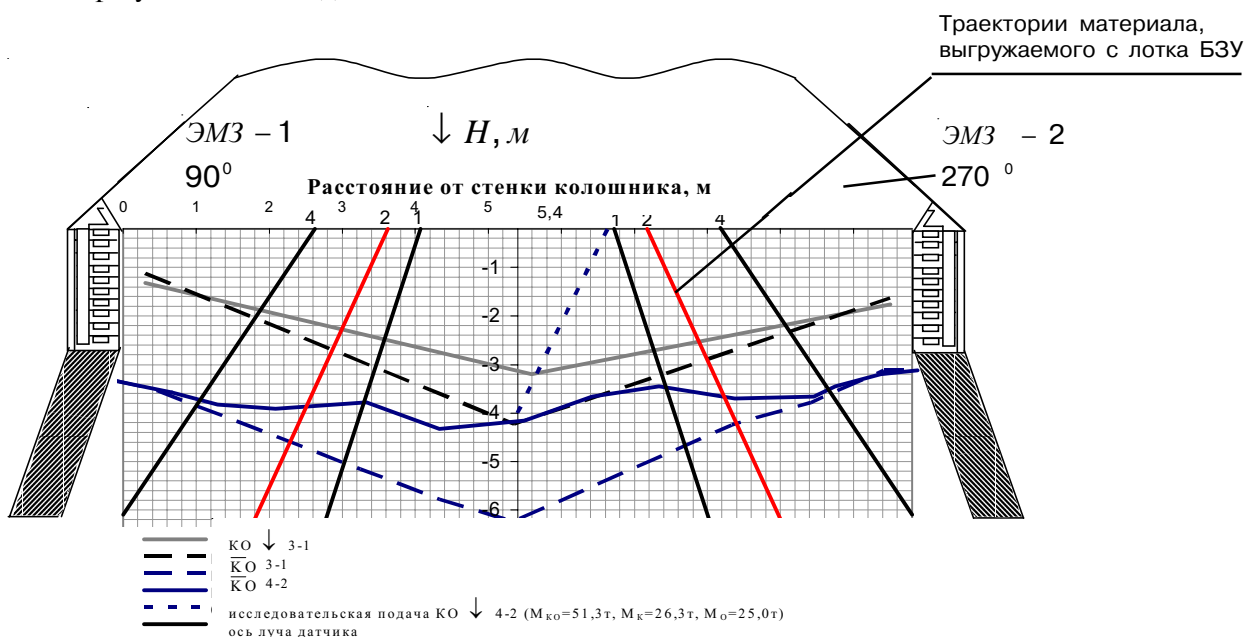


Рис. 2,а. Образование слоя материала на поверхности засыпи после выгрузки порций КО 4-1

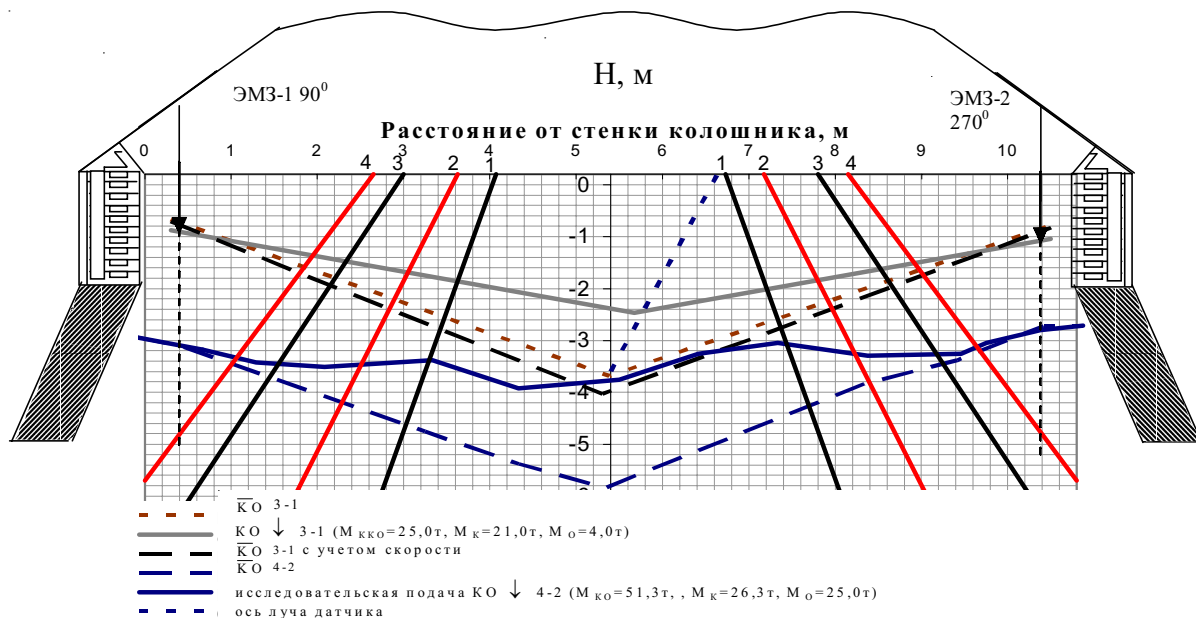


Рис. 2, б. Образование слоя материала на поверхности засыпи после выгрузки порций КО 3-1

образованный после выгрузки порции; 1...4, 90...270° – угловые, гаражные положения лотка БЗУ; К – кокс; О – окатыши.

Приведенные на рис.2 профили поверхности шихты, построенные по трем значениям уровней точек поверхности после выгрузки в осевую зону печи порций – КО 4-1 и КО 3-1, характеризуют образование поверхности засыпи. В первом случае (2, а) – угол откоса исходного профиля засыпи перед выгрузкой составляет 10...15°, при этом выгруженный материал почти не смещается в осевую зону, а задерживается в промежуточной зоне радиуса печи. Во втором (2, б) – угол откоса близок к 30° и выгруженный материал смещается по поверхности шихты к оси печи.

О необходимости большей дискретизации точек измерения уровней по радиусу колошника, для построения профиля засыпи, свидетельствует и анализ* расчетных значений объемов шихтовых мате-

риалов в слоях, образованных после выгрузки порций шихты. Объемы, рассчитанные как отношение массы выгруженной порции к насыпному весу материала в первом случае (V_1) и определенные геометрическим способом во втором (V_2), приведены в таблице.

Результаты сравнительного анализа приведенных значений объемов свидетельствуют о том, что линейная аппроксимация построения профиля и определение высоты слоев шихтовых материалов по трем точкам при использовании одного измерителя уровня в осевой зоне печи дает величины объема материалов в слое, меньшие на 25...40 %, чем объем выгруженного материала.

Расчетные значения скоростей опускания шихтовых материалов по показаниям электромеханических зондов 1,2 ($V_{ш\ ЭМЗ-1}$, $V_{ш\ ЭМЗ-2}$) и радиолокационного измерителя уровня ($V_{ш\ РДУ-X2}$) приведены на рис.3. Определение скоростей произ-

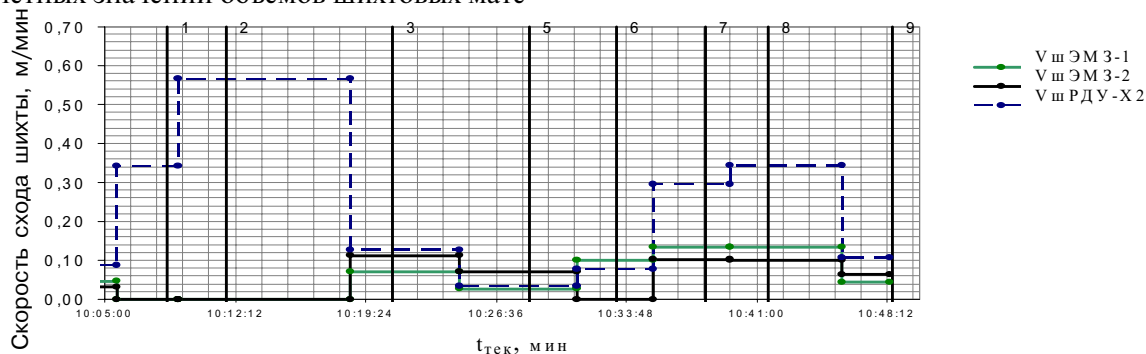


Рис. 3. Диаграмма скоростей опускания шихты на колошнике ДП № 9

Таблица. Объемы материалов (V) в слоях, образованных выгруженными порциями

Дата	Время	Наименование порции	Объем V_1 , м ³	Объем V_2 , м ³	ΔV , %
12.12.02	10.04.55	АО 9-4	50,168	39,503	21,259
	10.20.44	К 8-5	40,000	29,201	26,998
13.12.02	8.43.21	А 9-6	53,684	46,503	13,376
	8.55.26	КО 3-1	43,905	26,158	40,421
	9.53.07	А 8-4	43,947	42,569	3,136
	10.12.15	К 8-5	32,600	22,739	30,248

*Расчеты и анализ выполнены сотрудниками ИЧМ и сравнивались с результатами инструментальных измерений профиля засыпи шихты в периоды задувки ДП №9 после капитального ремонта 1989 г.

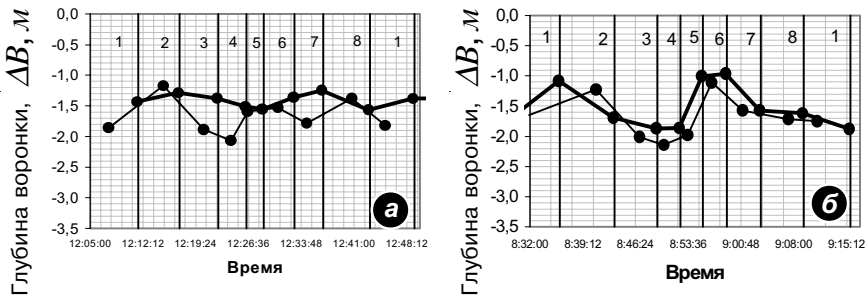


Рис. 4. Изменение глубины воронки (ΔB) профиля засыпи шихты после выгрузки материалов с лотка БЗУ в разные периоды времени:

—●— $B \downarrow_{H-31,32cp}$; —●— $\bar{B}_{H-31,32cp}$

водилось с учетом изменения уровня засыпи по ходу плавки, за интервал времени между выгрузками порций материала при программе загрузке: 1—КО 4-1; 2—А 9-6; 3—К 8-5; 4—АО 9-4; 5—КО 3-1; 6—К 8-4; 7—АО 8-4; 8—К 8-4; 9—АО 9-4.

Из приведенной на рис.3 диаграммы следует, что в периферийной зоне печи скорости опускания шихтовых материалов под электромеханическими зондами достаточно близки, а их значения меньше, чем скорость опускания шихты в осевой зоне, определяемая с помощью радиолокационного измерителя уровня засыпи. Соотношение величин указанных скоростей существенно изменяется в пределах цикла загрузки. Скорости схода по показаниям электромеханических зондов между исходными уровнями засыпи перед выгрузкой порций КО 4-1 и К 8-5 не определялись, из-за работы печи в режиме “догонки меры”. На диаграмме также отсутствует участок, характеризующий изменение скоростей после выгрузки порции — 4: АО 9-4, т.к. перед выгрузкой порции — 5: КО 3-1 измерение уровня засыпи электромеханическими зондами не производилось. Кроме того, перед загрузкой в печь каждой порции электромеханические зонды поднимаются в гаражное положение, где остаются до конца выгрузки материала, что приводит к паузам в измерении уровня засыпи общей продолжительностью около 20 мин в цикле загрузки из девяти порций продолжительностью 45 мин.

Для слоев шихты, полученных при формировании профиля засыпи с учетом скоростей схода в осевой зоне и на периферии, определялось распределение рудных нагрузок по радиусу. Сопоставление полученной зависимости с распределением объемной доли CO_2 в отобранных по радиусу пробах свидетельствует о подобии распределения рудной нагрузки и CO_2 по радиусу печи. Ощутимое различие характера полученных зависимостей в средней части радиуса печи подтверждает целесообразность увеличения количества точек измерения уровня точек профиля и толщины слоев материалов по радиусу колошника.

Рассмотрено влияние программы выгрузки материалов с лотка БЗУ на изменение глубины осевой воронки профиля засыпи. Глубина осевой воронки (ΔB) приближенно определялась, как разность уровней точек поверхности шихты в осевой зоне печи и

среднего значения уровней засыпи по показаниям двух электромеханических зондов при исходном уровне засыпи ($\bar{B}_{H-31,32cp}$) и после выгрузки порции материала ($B \downarrow_{H-31,32cp}$), где 31, 32 — уровни засыпи по показаниям электромеханических зондов 1 и 2 соответственно, Н — уровень точки поверхности в осевой зоне по показаниям РДУ-Х2. На рис.4

показана динамика изменения глубины осевой воронки профиля засыпи в разное время при программе загрузки: 1—КО 4-1; 2—А 9-6; 3—К 8-5; 4—АО 9-4; 5—КО 3-1; 6—К 8-4; 7—АО 8-4; 8—К 8-4; 9—АО 9-4.

Представленные на рис.4 кривые изменения глубины осевой воронки, отражают лишь в первом приближении количественную картину, но вполне отражают качественные особенности изменения ее глубины в течение одного цикла загрузки шихтовых материалов в печь. Кривые изменения глубины осевой воронки перед загрузкой очередной порции и после ее выгрузки носят периодический характер, причем частота изменения глубины, несомненно, жестко связана с частотой выгрузки коксовых порций в осевую зону печи (это порции 1—КО 4-1 и 5—КО 3-1). После выгрузки этих порций глубина осевой воронки несколько уменьшается, а затем увеличивается, после выгрузки “периферийной” порции — 2—А 9-6, величина воронки возрастает, вследствие того, что материал не перетекает в осевую зону печи. В случае, представленном на рис. 4, а, глубина воронки изменяется в течение загрузки цикла подач от 1,1 м до 2,1 м, во втором случае (рис. 4, б) глубина воронки изменяется от 0,8 м до 2,4 м. Во втором случае разница в глубине осевой воронки до и после загрузки порции меньше, она не превосходит 0,4-0,5 м, тогда как в первом случае она достигает 0,7 м. Это, по-видимому, связано с особенностями режима работы печи и интенсивностью ее загрузки. В первом случае печь работала ровнее, а во втором наблюдался переход загрузки в режим догонки меры.

Заключение

Установлено, что технические характеристики радиолокационного измерителя (тип РДУ-Х2) позволяют обеспечить его работоспособность в условиях доменного процесса. Анализ результатов опытной оценки уровня шихты в осевой зоне доменной печи с использованием радиолокационного уровнемера позволяет заключить, что получение значений уровней шихты в большем числе дискретных точек на поверхности засыпи позволит обеспечить информативность контроля рельефа поверхности шихты на колошнике доменных печей. Установка на печи №9 автоматизированной системы измерения профиля засыпи шихты на колошнике, состоящей из двадцати радиолокационных измерителей (тип РДУ-Х2), позволит получать достоверную информацию о ди-

намике изменения поверхности засыпи шихты в ходе процесса плавки.

Библиографический список

1. *Большаков В.И., Муравьева И.Г.* Средства контроля профиля поверхности засыпи шихты в доменной печи // *Металлург. и горноруд. пром-сть.* -2002. -№2. - С.91 – 94.
2. *Большаков В. И., Муравьева И. Г., Шулико С. Т., Семенов Ю. С.* Анализ результатов эксплуатации профиломеров на доменных печах // *Металлург. и горноруд. пром-сть.* -2003. -№4. -С. 123-127.
3. *Методы* контроля профиля поверхности засыпи шихты / Ю.И. Базалинский, А.А. Гришкова, М.М. Френкель и др. // *Подготовка сырьевых материалов к металлургическому переделу и производство чугуна* Обзор. информ. -М.: Ин-т Черметинформация. -1987, вып. 1. - 21 с.
4. *M.J. Hague, T.M. Ditcher.* Blast furnace burden level and profile measurements using microwave devices. – 4- th European Coke and Ironmaking Congress, Paris, 19-21, 2000, P. 315 – 320.

5. *Технологические* особенности автоматизированного измерения профиля засыпи шихты в доменной печи, оснащенной БЗУ /В.И. Большаков, И.Г. Муравьева, С.Т. Шулико и др. // *Металлург. и горноруд. пром-сть.* -2003. -№2. – С.112–114.

6. *Головко В.И.* Определение профиля поверхности сыпучих материалов с помощью радара // *Металлург. и горноруд. пром-сть.* – 2000. – №6. – С.15–17.

7. *Состояние* и перспективы создания радиолокационных профиломеров для доменных печей / В.И.Головко, О.Н.Кукушкин, Н.В.Михайловский и др. // *Сучасні проблеми металургії. Том 3: Мат. наук.-практ. конф. “Проблеми і перспективи одержання конкурентоздатної продукції в гірничо-металургійному комплексі України”.* НМетАУ, 24–25.10.2000р. – Дніпропетровськ: Системні технології, 2001. – С. 173 – 191.

8. *Металл* наш тверд, радары – зорки / В.И.Головко, О.Н.Кукушкин, А.А. Дударенко и др. // *Металл – Бюллетень – Украина.* -2002. -№4, апрель – С.55 – 62.

© В.И. Большаков, С.Т. Шулико, И.Г. Муравьева, Ю.С. Семенов, В.С. Листопадов, А.А. Дударенко, Н.В. Михайловский, В.П. Радченко, 2004 г.

Получено 21.11.03



ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 622.736614.84

П.Н. Полещук, Ю. Л. Петров, Г.Ф. Пшемьский

ГНИПИ «Гипросталь»

Комплексный подход к решению проблемы пожаровзрывобезопасности при проектировании отделений измельчения силикокальция

В данной статье рассмотрен комплексный подход к проблеме понижения пожаровзрывобезопасности при измельчении силикокальция без применения защитной среды на основе азота, в проектах отделений, построенных по проектной документации разработанной Гипросталью. Приведены проектные решения основных проблем, обеспечивающих пожаровзрывобезопасность процесса измельчения силикокальция на основе исследований выполненных различными организациями. Рассмотрены принятые в проекте отделения измельчения силикокальция ОАО «Ванадий-Тула» технические и компоновочные решения, позволившие значительно сократить капитальные и эксплуатационные затраты по сравнению с аналогичным отделением построенным по проекту Гипростали на заводе «Свободный Сокол». Табл. 1. Библиогр.: 4 назв.

силикокальций, пожаровзрывобезопасность, защитная среда, дробление, пыль

Широкое внедрение обработки стали порошковой проволокой, в состав которой в качестве активного реагента входит порошковый силикокальций марки СК25, потребовало изыскания наиболее экономных и безопасных методов получения.

По опытным и литературным данным пиротехническая характеристика пыли силикокальция СК25 и СК30 определяется флегматизацией материала (таблица).

Сокращение удельной поверхности пыли значительно уменьшает адсорбцию газов на ее поверхности, скорость ее окисления с выделением горючих газов, повышает НКПР и температуру самовоспламенения пыли.

Выполненные Научно-исследовательским институтом охраны труда и техники безопасности (бывший ВНИИТБчермет) исследования показали, что снижение удельной поверхности полидисперсной фракции пыли силикокальция марки СК25 размером менее 50 мкм от 3500-4000 см²/г (НКПР 42 г/м³) до 1200-1600 см²/г позволяет более чем на порядок повысить ее НКПР и, соответственно, уменьшить взрывопожароопасность получаемого порошка. Пиротехническая характеристика силикокальция приведена в таблице.

Основные требования, которые необходимо было решить при комплексном подходе к проблеме повышения пожаровзрывобезопасности при выполнении проектов отделений по классификации силикокальция марки СК25, заключались в следующем:

- снижению степени переизмельчения материа-