

До сих пор некоторые исследователи высказывают большие сомнения по поводу целесообразности принятия запрета ХФУ. Самые категорические критики объявляют протокол грандиозной аферой, инициированной группой химических концернов с целью монополизировать рынок и вытеснить национальных производителей; более умеренные указывают на противоречивость некоторых положений и призывают к коррекции протокола с учетом времени.

Существующие прогнозы по использованию холодильных агентов в будущем указывают на расширение области применения аммиачных холодильных машин.

#### **Список использованных источников**

1. Бабакин Б.С. Хладагенты, масла, сервис холодильных систем: монография. Рязань: Узорочье, 2003. 470 с.

2. Пустовалов Ю.В. Эксергический анализ пароконденсационной теплонасосной установки с электроприводом. Системы теплоснабжения с нетрадиционными теплоисточниками. Тр. Ин-та ВНИПИЭнергопром. 1982.

3. Боровков В.М., Аль Алавин А.А. Энергосберегающие теплонасосные системы теплоснабжения // Изв. вузов. Проблемы энергетики. 2007. № 1–2.

4. Быков А.В., Калнинь И.М., Крузе А.С. Холодильные машины и тепловые насосы. М.: Агропромиздат, 1988. 304 с.

### **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛУПРОДУКТА СТАЛИ ПУТЕМ ПЕРЕПЛАВА ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Хлебников Н.А., Казанцева Н.М.**

*Нижнетагильский технологический институт (филиал УрФУ),  
г. Нижний Тагил, Россия*

На данном этапе развития металлургическая промышленность достигла такого уровня, что невозможно создать достаточно конкурентоспособный продукт без внедрения новых, более совершенных, экологических технологий. Безусловно, это связано с задачами модернизации конкретных производств, что, в конечном счете, приведет к уменьшению ресурсоемкости, а впоследствии и к снижению себестоимости продукта. Наиболее эффективно эти задачи решаются при внедрении технологий, позволяющих использовать вторичное сырье (отходы). В настоящее время большинство отечественных предприятий и заводов черной металлургии накопили большой объем шламов и пылей, которые на данный момент невозможно широко использовать в имеющихся технологических цепочках производства.

Сложность переработки отходов черной металлургии заключается в следующих факторах:

- значительное содержание вредных примесей, в том числе цинк и цветные металлы, такие как медь и алюминий;
- неравномерность химического состава;
- гранулометрический состав пылей и шламов.

Все эти факторы обуславливают технологическую невозможность переработки металлургических отвалов применительно к одному из известных процессов производства чугуна или стали. Безусловно, существуют технологии по переработке отходов металлургического передела, но все они либо не универсальны (направлены на переработку только определенной группы из общего числа пылей и шламов), либо экономически неэффективны.

На ОАО «Челябинский металлургический комбинат» отработана и реализована технология по утилизации пылей и шламов в ходе агломерационного процесса, но использование пылевидных компонентов в данных условиях достаточно ограничено. При увеличении доли

пыли в агломерационной шихте резко снижается газопроницаемость насыпного слоя, что негативно сказывается на процессе спекания и производительности агломашины.

С точки зрения переработки железосодержащих пылей и шламов заслуживают особого внимания способы, в которых происходит извлечение вредных примесей, таких как цинк, свинец, примеси цветных металлов и т.д. Технологии такого рода были разработаны в Японии, в частности при производстве металлизированных окатышей с применением угля в качестве восстановителя. Но строительство подобных установок требует значительных капиталовложений. В дальнейшем японской фирмой «Раса» была разработана альтернативная технология переработки пылей и шламов с большим содержанием вредных примесей. Но, как и в предыдущем случае, данный процесс технологически сложно осуществим, в тоже время он требует постройки дополнительных агрегатов и закупку дорогостоящего оборудования.

Также известен способ утилизации отходов и остатков, содержащих железо [1], который позволяет получить жидкий чугун или полупродукт стали. При применении этой технологии отходы необходимо классифицировать по химическому составу на три группы:

- материалы, содержащие в основном железо в виде окиси;
- материалы, содержащие железо в виде металла;
- углерод содержащие материалы (для получения восстановительного газа).

Такой способ утилизации железосодержащих отходов требует ввода дополнительных операций: брикетирование или же грануляция, а в качестве связующего может служить жженая известь.

Исходя из всего вышесказанного, задачи данного исследования можно сформулировать следующим образом:

- разработать принципиально новую технологию получения стали или чугуна из пылей и шламов содержащих железо, без введения дополнительных операций (окускование или грануляция) по подготовке шихты к плавке;
- рассмотреть разработанную технологию применительно к уже существующим агрегатам для получения стали или чугуна.

Для проведения лабораторных испытаний было отобрано три группы пылей: 1) пыль доменных печей из первой ступени очистки доменного газа, т.к. в ней наименьшее содержание цинка, чем в последующих ступенях [2]; 2) пыль из системы очистки агломашины; 3) неизвестная. Первая группа пылей была предоставлена ОАО «ЕВРАЗ НТМК» с системы очистки доменной печи № 6. Вторая группа – пыль из системы очистки агломашин ОАО «ЕВРАЗ ВГОК». Химический состав пылей известен, но на данном этапе исследований в научном плане он интереса не представляет. Необходимо лишь отметить, что доменная пыль содержит помимо цинка включения цветных металлов (меди и алюминия), а также содержит достаточно большое количество титана. Это обусловлено химическим составом поступающего в печь сырья. Достаточно велико и содержание углерода, что впоследствии позволяет проводить плавки без использования дополнительно вводимого восстановителя (кокс или коксик). Группа пылей № 3, благодаря своему химическому составу использовалась в качестве шлакообразующего материала, поэтому в серии опытов не использовались шлакообразующие по типу обожженной извести или плавикового шпата.

На данном этапе исследования показали возможность получения именно полупродукта стали путем переплава агломерационных или доменных пылей или их смеси. Результаты проведенных опытов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Усредненный химический состав полученных образцов полупродукта стали

Номер серии опытов	Содержание, %									
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	Al	Ti	S	P
1	0,506	0,02	0,550	0,011	0,037	0,7	0,07	0,020	0,39	0,24
2	0,047	0,02	0,033	0,010	0,110	4,0	0,02	0,006	0,48	0,18
3	3,660	0,09	2,000	0,260	0,070	4,0	0,30	1,500	0,36	0,24

Хотелось бы отметить, что все три серии экспериментальной пыли отличались лишь составом исходной шихты. Прочие параметры, включая время проведения всего эксперимента, были выдержаны одинаковыми. Состав шихты в первой серии экспериментов состоял из смеси всех трех групп пылей в равном соотношении. Это позволило добиться наилучшего результата, по сравнению с сериями 2 и 3. Конечно, в конечном полупродукте велико содержание серы и фосфора, но в тоже время содержание меди значительно ниже, чем в последующих экспериментах. Во второй использовалась смесь доменной и агломерационной пылей в равном соотношении. В результате мы получили образцы с наименьшим среди остальных содержанием углерода, кремния, титана, а содержание меди составляло около 4 %. В третьей серии лабораторных исследований в качестве исходной шихты использовалась только доменная пыль без каких-либо добавок. Полученные образцы характеризовались наименьшим среди остальных содержанием железа, а так же значительным содержанием титана (в некоторых образцах содержание титана достигало 2 %), содержание углерода достигало 3,71 %, так же в образцах наблюдалось высокое содержание примесей цветных металлов.

Из вышеизложенного можно сделать вывод о том, что наиболее важным для процесса переплава пыли является подбор шихтовки, которая зависит исключительно от химического состава исходного сырья. В то время как гранулометрический состав пыли и прочие параметры влияли в наименьшей степени. Для всех трех серий экспериментов характерно получение жидкой фазы конечного полупродукта стали (серии опытов 1 и 2) и полупродукта чугуна (серия опытов 3). Благодаря этому становится возможным применение шлакообразующих материалов, в частности жженой извести. Это позволит снизить содержание серы и фосфора в конечных образцах, следовательно получить практически готовую сталь (исходя из серии опытов 1). Так же при лабораторных исследованиях было отмечено интенсивное образование восстановительного газа (СО) в ходе проплавления пыли. Это в значительной степени снижало производительность установки, т.к. образование газа в более глубоких слоях приводит к выбросу переплавляемой пыли из рабочего пространства экспериментальной установки в атмосферу.

Первостепенными задачами дальнейших исследований в данном направлении являются:

- выявление зависимостей и степени влияния параметров плавки на процесс восстановления при применении разработанной технологии;
- подбор оптимального состава компонентов шихты;
- определение наиболее оптимальных параметров течения процесса плавления пыли, обеспечивающих наибольшую степень восстановления железа и выход годного полупродукта;
- рассмотреть возможность применения экспериментальной технологии в уже известных сталеплавильных агрегатах;
- снизить содержание вредных примесей в конечном полупродукте путем применения шлакообразующих материалов, а так же при изменении управляющих параметров (для удаления примесей цветных металлов);
- расчет удельных энергетических затрат для определения эффективности применения разработанной технологии.

### **Выводы**

В лабораторных условиях была получена экспериментальная технология получения полупродукта стали или чугуна в жидкой фазе. При этом шихта (доменная или агломерационная пыли или их смеси) не требует какой-либо предварительной подготовки, в частности окускования или грануляции. Это в значительной степени упрощает и удешевляет данную технологию, по сравнению с уже существующими. Технология достаточно универсальна, поэтому позволяет перерабатывать достаточно широкий спектр пылей металлургического производства или их смесей. Наиболее сильное влияние на параметры процесса оказывает химический состав исходного сырья, что может привести к увеличению времени протекания

всего процесса в целом, изменению температурных режимов для получения наилучших результатов.

### Список использованных источников

1. Заявка на изобретение. 94015261, МПК С21В13/14. Способ утилизации отходов и остатков, содержащих железо / Вернер Кеплингер, Гюнтер Шрей, Геро Тессмер; Фост-Альпине Индустрианлагенбау ГмбХ (АТ). № 94015261/02; Заявл. 04.05.94; Опубл. 10.12.96.
2. Комплексное использование сырья и отходов / Б.М. Равич, В.П. Окладников, В.Н. Лыгач [и др.]. М.: Химия, 1988. 288 с.

## ПРИМЕНЕНИЕ ЗОНАЛЬНОГО МЕТОДА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ТЕПЛОВОЙ РАБОТЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ ДЛЯ ПРОЦЕССА ПРОКАЛИВАНИЯ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Чибашвили А.В., Герасименко Т.Е., Мешков Е.И.

Северо-Кавказский горно-металлургический институт  
(государственный технологический университет),  
г. Владикавказ, Россия

Математическое моделирование тепловых процессов, протекающих в металлургических агрегатах, широко применяется в металлургической теплотехнике. С помощью математических моделей можно на стадии проектирования выбрать оптимальные геометрические теплового агрегата и режимные параметры технологического процесса. Главное качество математических моделей тепловых процессов это их достаточно высокая точность и объем информации, которую они позволяют получить. Известно, что математические модели металлургических агрегатов с применением зонального метода расчета сполна отвечают этим требованиям.

Рассмотрим применение резольвентного зонального метода при составлении уравнений теплового баланса математической модели на примере вращающиеся печи барабанного типа для прокаливания углеродных материалов. В рамках зонального метода печь разбивается на  $n$  участков, как показано на рис. 1.

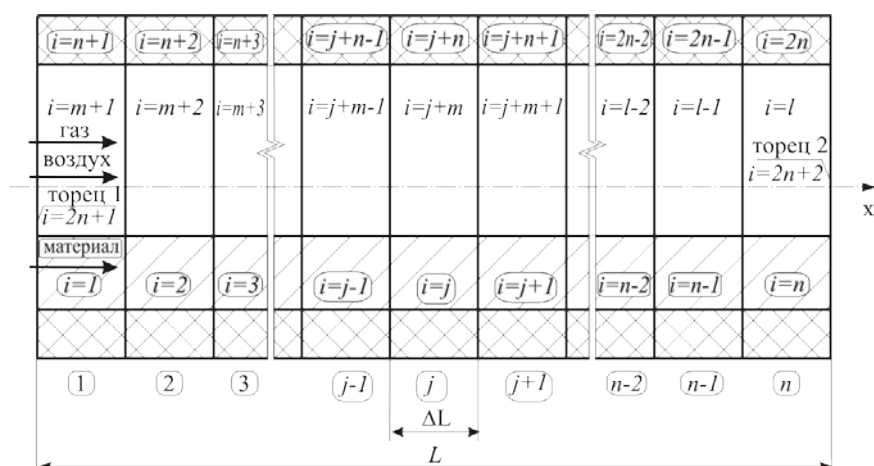


Рис. 1. Схема разбиения барабанной вращающейся печи на зоны:  $j = 1, 2, \dots, n$  – номер участка печи;  $i = 1, 2, \dots, l$  – номер зоны теплообмена;  $m = 2n+2$  – число поверхностных зон,  $2n+1$  и  $2n+2$  – номера торцевых зон,  $l$  – общее число зон,  $L$  – полная длина печи,  $m$ ;  $\Delta L$  – длина одного участка печи, м.

В пределах одного участка выделяются три зоны: по одной зоне на поверхности материала и поверхности футеровки и одну объемную газовую зону, а также две торцевые зоны. В результате разбиения образуется общее число зон  $l=3n+2=m+n$ .

Для построения математической модели тепловой работы составляются зональные уравнения теплового баланса с целью определения температур газа, материала и футеровки в любой точке рабочего пространства барабанной вращающейся печи. В рабочем пространстве