

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПЕЧЕЙ ОБЖИГА МЕДНОГО КОНЦЕНТРАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Представлены данные по физическому моделированию печей кипящего слоя для обжига медного концентрата от разделения фанштейна. На основе соблюдения критериев подобия построена физическая модель печи кипящего слоя для изучения свойств псевдоожиженного слоя и влияния различных факторов на его свойства. Исследовано влияние ввода оживающего агента в дутьевую коробку на неравномерность псевдоожижения материала в печи.

Data on physical simulation of fluidized bed furnaces deployed for roasting of copper concentrate produced at the stage of high-grade matte separation are cited in the present article. On the basis of similarity criteria observance the physical model has been developed to investigate fluidized bed's properties and analyze influence of different factors on them. Methods of fluidizing agent feed into wind box and their impact on non-uniformity of material fluidizing in a furnace have been studied.

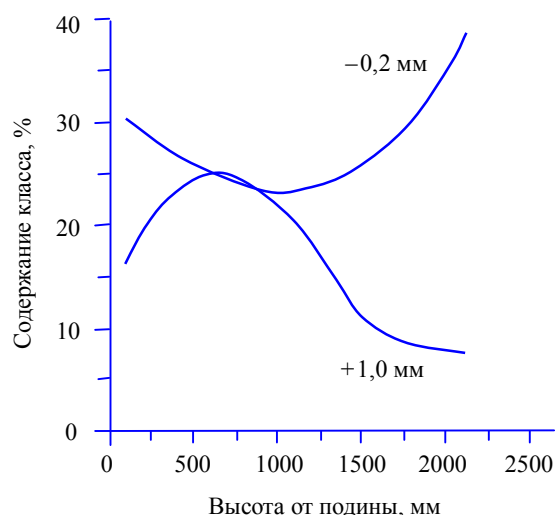
В настоящее время на комбинате «Североникель» Кольской горно-металлургической компании идет освоение одного из новых направлений в технологии переработки медных концентратов – технологическая схема окислительный обжиг медного концентрата – выщелачивание огарка – электроэкстракция меди. Окислительный обжиг концентрата, проводимый «намертво», осуществляется в печах кипящего слоя (КС). В силу конструктивных особенностей печей процесс обжига сопровождается активным настылеобразованием на стенках печи в районе форкамеры и достаточно интенсивным пылевыносом из агрегата.

Изучение влияния различных параметров работы печи на поведение псевдоожиженного слоя на работающем агрегате сопряжено с необходимостью принятия интуитивных решений, способных принести после их реализации как положительный, так и отрицательный эффект. Поэтому единственно возможным способом опробования какого-либо решения является применение метода физического моделирования.

Создание физической модели основывается на теории подобия [1-3], используемой в случаях, когда изучение процесса в оригинале невозможно или крайне затруднительно. В нашем случае прозрачная оргстеклянная модель была создана для исследования различных режимов работы псевдоожиженного слоя, усвоения пыли и образования застойных зон.

При расчете физической модели в качестве значимых параметров, требующих соответствия на физической модели, были взяты следующие величины: диаметр частицы; плотность частицы; плотность газа; динамическая вязкость газа; скорость газа. Параметры реальной печи и физической модели были выбраны следующие:

	Агрегат	Модель
Эквивалентный диаметр, мм	0,511	0,176
Плотность твердой частицы, кг/м ³	5260	5260
Плотность газа, кг/м ³	0,314	1,205
Вязкость газа, 10 ⁻⁴ кг/(м·с)	0,4577	0,181
Скорость газа, м/с	0,93	0,28
Линейный размер, м	0,67	0,0605



Содержание классов +1 мм и -0,2 мм по высоте кипящего слоя

Значения критериев подобия, на основании которых построена модель, следующие: масштабный 11,14; Архимеда 1034,27; Рейнольдса 3,26; Стокса 41,42; Фруда 0,13.

Для частиц в модели кипящего слоя и реальном агрегате соблюдаются критерии Архимеда, Рейнольдса, Стокса (и как следствие критерии Фруда). На основе рассчитанных значений была построена физическая модель с соблюдением геометрического подобия и конструктивных особенностей реального агрегата, а именно: узла загрузки материала, подины, дутьевой коробки и аптейка печи.

На первом этапе с помощью физической модели было исследовано влияние высоты слоя и интенсивности дутья на однородность псевдоожиженного слоя двух средних фракций речного песка ($-1+0,4$ мм и $-0,4+0,2$ мм), моделирующих классы реального огарка. Эксперимент проводился подачей через загрузочное отверстие порции материала, контролируемой по высоте насыпного слоя и соответствующей 0,5 м для реального агрегата. Затем в модель подавалось ступенчато увеличиваемое дутье, устанавливался стабильный режим псевдоожижения и проводились наблюдение за слоем и фотосъемка.

Для сопоставления режимов псевдоожижения слоя в реальной печи и модели были проведены замеры на агрегате со спе-

циально сконструированным пробоотборником, позволяющим отбирать огарок с различной высоты слоя. Результаты пробоотбора с печи КС (см. рисунок) однозначно доказывают существование сегрегации слоя по крупности. Подобная картина наблюдалась нами и на физической модели.

Сопоставление визуального материала физической модели и результатов исследования сегрегации реального слоя доказывает адекватность созданной модели. Анализ данных, полученных на физической модели, показал, что равномерность псевдоожижения и стабильность слоя увеличиваются с возрастанием количества материала в печи, что полностью согласуется с литературными данными и практикой работы реальных печей.

На втором этапе проводились исследования различных способов подачи ожижающего агента в дутьевую коробку для более равномерного псевдоожижения слоя. Эксперименты выполнялись при различной высоте слоя материала в модели, различной интенсивности дутья и разнообразных конструкциях дутьевых коробок. В ходе экспериментов было установлено, что существующий способ подачи ожижающего агента (через одиночную трубу большого диаметра, расположенную близко к подине) не обеспечивает равномерного псевдоожижения слоя и приводит к образованию застойных зон, что реально подтверждается формой настывлей в печи. При этом даже установка разворотных рукавов и газовых расщекателей не дает ощутимого положительного эффекта. Заметное улучшение равномерности псевдоожижения наблюдалось лишь при кардинальном изменении конструкции дутьевой коробки, предусматривающем расщепленный ввод дутья в виде нескольких (в нашем случае трех) патрубков в нижней части коробки.

Равномерность псевдоожижения в значительной степени зависит от способа (равномерности) подачи ожижающего агента в дутьевую коробку. При неравномерной подаче ожижающего агента существуют зоны локального залегания материала на подине и зоны интенсивного кипения материала. Увеличение равномерности подачи ожижающего

агента приводит к уменьшению (вплоть до исчезновения) зон локального залегания материала. Равномерность псевдоожижения и стабильность слоя увеличиваются с возрастанием количества материала в печи.

Увеличение объема подаваемого дутья приводит к увеличению пылевыноса и при этом в слое возрастает доля больших пузырей, которые могут занимать до 30 % общей площади. Прорыв таких пузырей на поверхности слоя приводит к значительному увеличению числа частиц, выбрасываемых в надслоевое пространство и в аптейк печи, что, в свою очередь, ведет к увеличению пылевыноса.

Описанные результаты, полученные в ходе экспериментов на физической модели, легли в основу решений по реконструкции реальных печей КС для улучшения способа подачи псевдоожижающего агента в печь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гречко А.В. Практика физического моделирования на металлургическом заводе / А.В.Гречко, Р.Д.Нестеренко. М.: Металлургия, 1976. 198 с.
2. Гухман А.А. Введение в теорию подобия. М.: Высшая школа, 1973. 273 с.
3. Гухман А.А. Применение теории подобия к исследованию процессов тепломассобмена. М.: Высшая школа, 1974. 387 с.