

О. С. Кощеева, В. И. Матюхин, А. В. Матюхина,  
*Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия*

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ И ГАЗОДИНАМИЧЕСКОЙ РАБОТЫ ШАХТНОЙ ПЕЧИ ДЛЯ ОБЖИГА СИДЕРИТОВ**

In the paper we study the thermal and gas-dynamic operation of the shaft furnace concentrator Bakal mining administration. Analyzed the change of the temperature field at the level of the mound and a layer of flame channels. The data obtained allow to make the best decision on reduction of energy costs through more efficient movement of gases in the kiln unit.

Бакальское месторождение железных руд является одним из крупнейших в Уральском регионе и составляет основу рудной базы ведущих предприятий черной металлургии региона. Действующая технология переработки сидеритовых руд [1] предполагает организацию первоначальной стадии окислительного обжига фракции 13–80 мм в шахтных печах в потоке дымовых газов (рис. 1) с получением товарной продукции в виде обожженного концентрата сидерита после магнитной сепарации и дробления.

Шахтная печь – промышленная печь с вытянутым вверх рабочим пространством квадратного поперечного сечения 3х3 м, предназначенная для обжига сидеритовой руды. Тепло, необходимое для протекания процессов обжига, получают путём сжигания природного газа в трех горелках типа ГНП-9 в выносной топке, расположенной сбоку от печи. Теплоноситель подается навстречу опускающимся при разгрузке нагреваемым материалам. Образованный общий газовый поток продуктов сгорания распределяется по пяти горизонтальным жаровым каналам с поперечным сечением 240х1000 мм за исключением первого и пятого каналов сечением 120х1000 мм. Через боковую перфорированную поверхность каналов газы выходят в рабочее пространство печи и распределяются по его объему. Удаление газов из печи осуществляется из пространства над слоем загруженной шихты при помощи дымососа через патрубки, установленные в своде ближе к противоположной стороне от топки.

Исходная шихта в виде отдельных рудных кусков подается в верхней части рабочего пространства печи через две точки, расположенные по центру его горизонтального сечения. После обжига материалов в потоке дымовых газов

они поступают в зоны охлаждения 1 и 2, разделенных по высоте воздушным промежутком. Поступающий в зону охлаждения 1 через боковой разрыв по периметру корпуса печи за счет разрежения дымососа атмосферный воздух, омывает слой обожженных материалов, охлаждает его с повышением своей температуры. Горячий газовый поток поступает снизу в промежутки между жаровыми каналами, где перемешивается с продуктами факельного сжигания газа из топки, обеспечивая среднюю температуру обжига около 1000–1050 °С. Фильтруясь через слой шихты, горячие газы осуществляют процесс обжига сидерита.

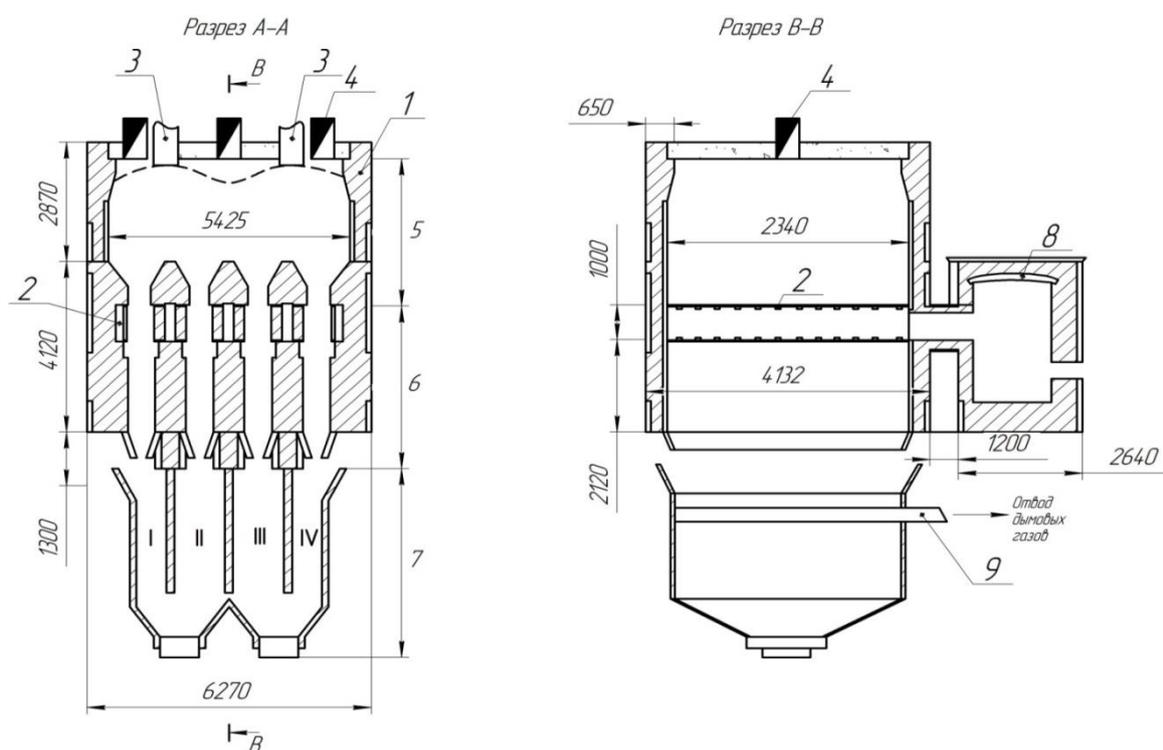


Рис. 1. Схема вертикального разреза шахтной печи для обжига сидеритовой руды: 1 – шахтная печь; 2 – керны с жаровыми каналами для подачи теплоносителя; 3 – патрубки загрузки шихты; 4 – короба для отвода дымовых газов; 5 – подогревательная зона печи; 6 – зона охлаждения 1; 7 – зона охлаждения 2; 8 – топка, 9 – отвод газов из зоны охлаждения 2; I, II, III, IV номера бункеров зоны охлаждения 2

Завершение процесса охлаждения обожженных материалов производится в зоне охлаждения 2, разделенной по вертикали на четыре бункера, с поступлением в нее воздуха через боковые решетки корпуса печи за счет разрежения, создаваемого отдельным вентилятором в верхней части этой зоны.

Исследования шахтной печи проводились в стационарном режиме на печи № 7 первого блока. Было установлено, что производительность обжигового агрегата по исходному сидериту составила в пределах 10,5–11,5 т/ч, а по обожженному продукту – 7,9 т/ч с пониженным выходом обожженного сидерита до 72 %. Расход природного газа на печь производили по показаниям стационарного расходомера, который в период испытаний составил 300 м<sup>3</sup>/ч.

Для оценки теплового состояния обжиговой печи были выполнены исследования теплового и газодинамического режимов работы шахтной обжиговой печи № 7 первого блока с контролем следующих параметров: расхода природного газа и воздуха, подсосов воздуха, атмосферного давления, объема отходящих газов и их химического состава, разрежения в печи как по высоте слоя, так и по сечению агрегата, температуры слоя материалов по сечению агрегата на уровне засыпи, по жаровым каналам и на выходе из зоны охлаждения.

Таблица 1

Результаты измерений на уровне засыпи шихты

Номер точки	Состав газа, %			Высота точки от свода, м	Температура, °С		Разрежение, мм. вод. ст.		Соотношение $W_M/W_T$	
	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CO		°С	%	мм вод.ст.	%	Доли ед.	%
1	18,1	1,7	0,0059	2,2	306	45,62	-78,16	2,81	0,69	12,66
2	17,7	1,8	0,0140	2,2	332	57,99	-78,08	2,78	0,67	17,91
3	15,4	3,2	0,0787	1,4	64	68,29	-71,34	6,16	0,94	18,99
4	10,1	6,5	0,2042	2,22	339	61,32	-76,85	0,01	0,66	16,46
5	11,2	5,5	0,0191	1,53	128	39,09	-71,50	5,95	0,87	10,13
6	13,4	4,2	0,1166	1,6	170	19,10	-72,26	4,95	0,83	5,06
7	8,2	7,0	0,2956	1,8	132	3,71	-83,97	10,45	0,87	10,13
сред-нее	13,44	4,3	0,1046	1,85	210,14	42,16	-76,02	4,73	0,79	13,05

Экспериментальные данные о результатах измерений технологических параметров слоя на уровне засыпи (табл. 1) позволили установить, что условия

теплообмена в подогревательной зоне шахтной печи отличаются низкой интенсивностью с превышением теплоемкости потока газов  $W_G$ , равной произведению теплоемкости газов на их расход, над теплоемкостью потока материалов  $W_M$ , определяемым как произведение теплоемкости исходных материалов на их расход при изменении их отношения  $W_M/W_G$  в интервале от 0,3 при подаче теплоносителя из топки до 0,97 на противоположной стороне канала. Это свидетельствует о низкой интенсивности теплообмена в подогревательной зоне с образованием потока отходящих газов с повышенной до 230 °С температурой отходящих газов.

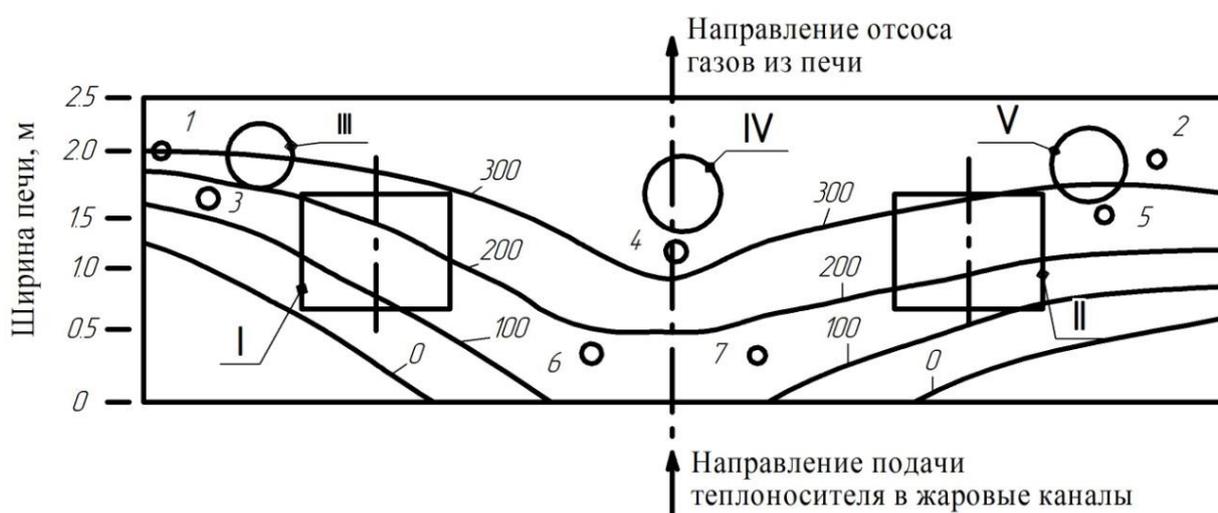


Рис. 2. Изменение температурных полей по сечению шахтной печи на уровне засыпи материалов.

Цифры у кривых – температура, °С; I, II – загрузка шихты; III, IV, V – отсос газов

Результаты исследований состояния слоя на уровне засыпи представлены на рис. 2. Анализ показал, что распределение температуры и скоростей движения газов в слое на этом горизонте отличается существенной неравномерностью. При средней температуре отходящих газов 210,14 °С в слое были выделены две области (слева и справа от ввода теплоносителя) с пониженной температурой, что характеризуется практически полным отсутствием движения газов в них.

Результаты горизонтального зондирования температурного поля и уровня разрежения по жаровым каналам (рис. 3) позволили установить существенную неравномерность распределения газов по их длине, обусловленную

недостаточной энергией подачи теплоносителя. (Отсутствует нижнее управление печью.) Существующий организованный отсос газов из слоя над его поверхностью не обеспечивает необходимого перераспределения теплоносителя по сечению печи. (Плохо организовано управление по верху агрегата.)

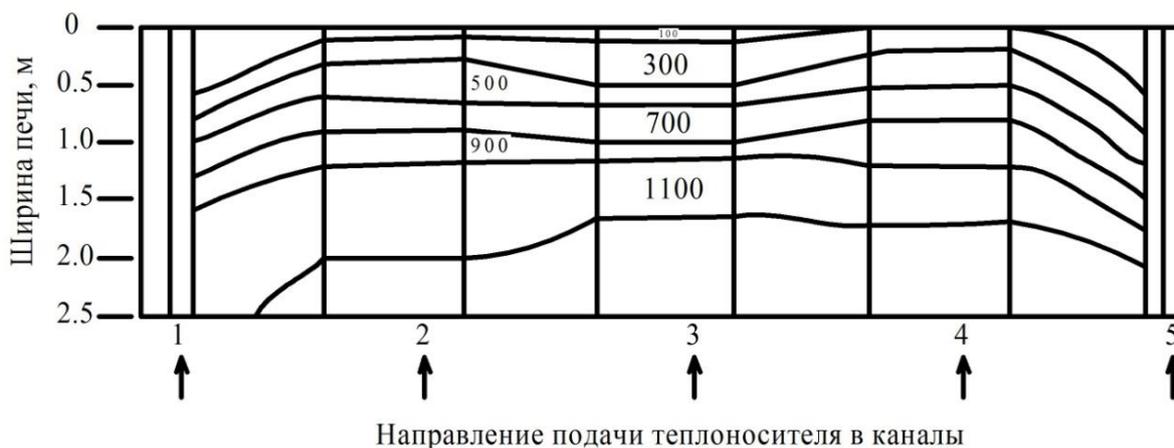


Рис.3. Изменение температурных полей по сечению шахтной печи на уровне жаровых каналов. Цифры у кривых – температура, °С

Для улучшения тепловой и газодинамической работы шахтной печи необходимо обеспечить возможность равномерного распределения горячих газов по длине каждого канала с использованием отдельных интенсификаторов движения (установка отдельных управляемых горелочных устройств на каждый канал или введение в канал интенсификаторов движения в виде кинетической струи). За счет кинетической энергии газов они равномерно распределяются, обеспечивают повышение качества обжига исходных материалов. Организация управляемого отсоса газов из надслоевого пространства с помощью отдельных газовых каналов, соединенных с дымососом через шибер, способна реализовать повышенную равномерность распределения газов по объему печи.

---

Бланк, М. Э., Жунев, А. Г., Юрьев, Б. П. Обжиг сидеритовой руды в шахтной печи // *Металлург.* – 1985. – № 9. – С. 12–14.