

5. Рециклинг железного порошка в технологии аффинажного производства – один из путей повышения экологической безопасности / Э.В. Мальцев, Н.Н. Собачинский, Н.Б. Хмелев, Е.А. Павлов // Цветные металлы. 2012. № 8. С. 45–49.

6. Авакумов Е.Г. Механические методы активации химических процессов. Новосибирск: Наука, 1979. 254 с.

УДК 669.045

*А. А. Спекторук¹, А. С. Руденко², Р. В. Дзюбайло²,
А. Р. Фатхутдинов², М. С. Подгорбунских¹*

¹ ЗАО "ЭПМ-Новосибирский электродный завод",
р.п. Линево, Искитимского р-на Новосибирской области, Россия,

² ОАО "Уралэнергочермет", г. Екатеринбург, Россия

ПЕРЕВОД ОБОГРЕВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ СМЕСИЛЬНО-ПРЕССОВОГО ЦЕХА НА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ ОРГАНИЧЕСКИЙ ТЕПЛОНОСИТЕЛЬ (ВОТ) С УТИЛИЗАЦИЕЙ ТЕПЛА ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ ПРОКАЛОЧНЫХ ПЕЧЕЙ ЗАО "ЭПМ-НОВОСИБИРСКИЙ ЭЛЕКТРОДНЫЙ ЗАВОД"

Аннотация

В докладе представлено техническое перевооружение Новосибирского электродного завода – перевод технологического оборудования смесильно-прессового цеха на высокотемпературный органический теплоноситель (ВОТ) с утилизацией тепла отходящих газов прокалочных печей прокалочного цеха.

В ходе проведенной работы были разработаны различные схемы утилизации тепла дымовых газов прокалочных печей прокалочного цеха и перевод отопления неэксплуатируемого оборудования (СПЦ и наземного пекосклада) на высокоорганический теплоноситель. На основе выполненных тепловых, электрических и конструктивных расчетов был определен состав оборудования и был произведен расчет экономических показателей, таких как: единовременные затраты, среднегодовые затраты, годовые прибыли, сроки окупаемости. По результатам рассмотрения выполнено технико-экономическое обоснование строительства.

На основании технико-экономического обоснования ОАО «Уралэнергочермет» был выполнен проект (проектная и рабочая документация) предусматривающий строительство комплекса в несколько очередей без остановки основного производства завода. Проектом предусмотрено строительство камеры дожигания, установка котлов утилизаторов, подвод высокотемпературного теплоносителя к технологическому оборудованию СПЦ. Спроектированная камера дожигания обеспечивает дожигание летучих веществ и каменноугольной пыли.

Реализация проекта технического перевооружения позволяет решить задачу использования высокотемпературного пека и утилизации тепла отходящих газов прокалочных печей.

Ключевые слова: утилизация тепла, теплообмен, дымовые газы, котел-утилизатор, высокоорганический теплоноситель (ВОТ), высокотемпературный пек, пекосклад, тепловой баланс, экономические показатели, экономические расчеты, срок окупаемости, экономическая целесообразность, стадия строительства, камера дожигания, прокалочная печь, высокотемпературный пек, дожигание летучих.

ЗАО «ЭПМ-НовЭЗ» расположено в Искитимском районе Новосибирской области в р.п. Линево и является крупнейшим в России электродным заводом, выпускающим углеграфитовую продукцию качества мирового уровня. Предприятие специализируется на выпуске углеграфитовой продукции: угольных электродов, катодных блоков и электродной массы.

Продукция завода используется для производства алюминия, кремния, выплавки стали, в металлургии чистых металлов, химической промышленности, машиностроении, энергетике.

Актуальность настоящей работы вызвана необходимостью повышения конкурентоспособности продукции завода, которая достигается повышением качества готовой продукции.

Основным путем повышения качества углеграфитовой продукции (УГП) является использование пеков с повышенной температурой размягчения (высокотемпературных пеков марки В), применение которых обеспечивает повышение служебных свойств готовых изделий, а именно:

- уменьшение пористости УГП;
- увеличение плотности и механической прочности УГП;
- снижение удельного электрического сопротивления;
- увеличение эксплуатационной стойкости продукции и потребителя.

До настоящего времени для прессования заготовок УГП в качестве связующего прокаленной шихты при производстве УГП использовался среднетемпературный пек каменноугольный марки Б по ГОСТ 10200-83. Перед смешением пека с шихтовым материалом пек необходимо разогреть до заданной температуры. Для технологического нагрева оборудования пекподготовки и смешивания смесильно-прессового цеха используется пар с температурой 250 °С. Температура нагрева пека при этом составляет не более 150 °С. Данной температуры недостаточно для использования высокотемпературного пека, который требует нагрева до 220 °С. Таким образом, при существующей системе отопления было невозможно применение высокотемпературных пеков марки В при производстве УГП.

Кроме того, неоптимальная технологическая схема подготовки исходного сырья в смесильно-прессовом цехе (отсутствие подогрева шихты перед смешением, значительное падение температуры зеленой массы перед прессованием вследствие охлаждения пека шихтой в смесильных машинах, дополнительные затраты времени на прогрев среды при смешении и т. д.) приводила к значительному (более чем двукратному) увеличению времени подготовки смесильной массы и являлась лимитирующим звеном в производительности ключевого передела производства УГП – работе смесильно-прессового цеха.

После рассмотрения различных вариантов теплоносителей с большей температурой в качестве теплоносителя был выбран синтетический высокотемпературный теплоноситель

(ВОТ) ТЛВ-330 с температурой кипения более 330 °С. Однако, ВОТ также необходимо предварительно разогреть до необходимой температуры.

Оптимальным с точки зрения энергоэффективности решением для нагрева ВОТ было использование тепла уходящих газов прокалочных печей №1, №2, №3, тип УПВ 3,5 x 60 с отоплением природным газом, предназначенных для тепловой обработки нефтяного кокса и антрацита.

Параметры отходящих газов на выходе из прокалочной печи приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры отходящих газов на выходе из печи типа УПВ 3,5-60

№п/п	Наименование параметра	Прокалка в печах	
		нефтяного кокса	антрацита
1.	Расход отходящих газов, м ³ /ч	17400	18000
2.	Температура, °С	580–800	375–700
3.	Пыль углерод, г/м ³	23,3	20,8
4.	SO ₂ , мг/м ³	500	–
	Объемная доля компонентов, %		
5.	- CO ₂	7,1	7,3
6.	- CO	5,9	0,8
7.	- H ₂	10	2,9
8.	- CH ₄	5,4	1,1
9.	- H ₂ O	14,95	22,3
10.	- N ₂	55,8	64
11.	- O ₂	0,85	1,6

Относительно высокая температура уходящих газов, а также существенное содержание в них летучих горючих компонентов и угольной пыли, сжигание которых происходит со значительным выделением тепла, позволяют получить на выходе из утилизационной установки энергию, достаточную не только для того, чтобы нагреть ВОТ до необходимой температуры, но и значительную долю сетевой воды, используемой в системе отопления зданий промплощадки.

Таким образом, при настоящем техническом перевооружении были поставлены и достигнуты следующие цели:

- использование высокотемпературного пека марки В по ГОСТ 10200-83 технологическим оборудованием СПЦ и, как следствие, повышение уровня служебных характеристик УГП;
- перевод отопления СПЦ с парового на отопление ВОТом при применении в технологическом процессе высокотемпературного пека;
- утилизация тепла отходящих газов прокалочных печей для подогрева высокотемпературного органического теплоносителя (ВОТ) и в системе отопления зданий промплощадки (сетевая вода);
- повышение надежности технологических трубопроводов пека, оборудования СПЦ и пекосклада при отоплении ВОТом.;

- за счет реализации локальных и комплексной АСУ ТП, обеспечение своевременного предоставления производственному персоналу достоверной информации о ходе технологического процесса, состоянии оборудования и средств контроля;
- за счет реализации систем архивирования основных технологических параметров, предоставление работникам СПЦ архивных данных обрабатываемой продукции;
- расширение функциональных возможностей и повышение качества принимаемых технологическим персоналом решений, уменьшение числа ошибок при реализации действий по управлению технологическим процессом, режимами работы оборудования.

В соответствии с выполненными конструкторскими расчетами, выбором оборудования и прокладки трасс технологических коммуникаций и впоследствии выполненным ОАО «Уралэнергочермет» проектом цели технического перевооружения были достигнуты:

- устройством газоходов от прокалочных печей, включая байпасный газоход;
- устройством камеры дожига, установленной за общим газоходом от прокалочных печей, для дожига летучих и пыли отходящих газов с возможностью работы на утилизацию любой из трех печей ПЦ;
- устройством котлов-утилизаторов ВОТ (2 шт. по 4 МВт), являющимися первой ступенью нагрева ВОТ;
- устройством водогрейных котлов утилизаторов (10 и 20 МВт);
- устройством газовой котельной ВОТ общей мощностью 8 МВт, являющейся второй ступенью нагрева ВОТ и резервным источником тепла на случай простоя утилизационной котельной (ремонт ПП, КД или КУ ВОТ);
- устройством обогрева ВОТом технологических ниток пекового и шихтового оборудования в СПЦ.

Технические характеристики утилизационной котельной (УК) приведены в табл. 2.

Таблица 2

Технические характеристики утилизационной котельной

№ п/п	Наименование параметра	Величина параметра
1	2	3
1.	Температура дымовых газов на входе	375–800 °С
2.	Расход дымовых газов на входе, макс.	78710 нм ³ /ч
3.	Давление газа в проектируемом газопроводе	0,5–0,55 МПа
Камера дожига		
4.	Тип и количество ГГУ КД	SVG-E40C-MR, 8 шт
5.	Установленная мощность ГГУ КД (1 ГГУ)	4960 (620) кВт
6.	Расход газа на горелки камеры дожига	496 н.м ³ /час
7.	Толщина футеровки КД	422–727 мм
8.	Температура в КД макс.	1350 °С
9.	Температура дымовых газов на выходе КД	1000 °С
10.	Тепловая мощность КД	80 МВт

1	2	3
	Байпасный газопровод	
11.	Тип и количество ГГУ байпасного газопровода	ВЮ 80НВ, 1 шт.
12.	Установленная мощность ГГУ байпасного газопровода	150 кВт
13.	Расход газа на горелку байпасного газопровода	15 н.м ³ /час
14.	Толщина футеровки байпасного газопровода	422 мм
15.	Температура дымовых газов на выходе байпасного газопровода (после устройства охлаждения)	250 °С
	КУ ВОТ	
16.	Тип и количество	АНК 4.000, 2 шт.
17.	Тепловая мощность	4000 кВт
18.	Расход газов	18.000 нм ³ /ч
19.	Температура ВОТ на входе / на выходе	260 °С / 300 °С
	КУ водогрейные 1,5 МВт	
20.	Тип и количество	2 шт.
21.	Тепловая мощность	1500 кВт
22.	Расход дымовых газов максимальный	18,000 нм ³ /ч
23.	Температура ВОТ на входе	70°С / 115 °С
	КУ-10	
24.	Тип и количество	
25.	Тепловая мощность	10 МВт
26.	Расход дымовых газов максимальный	32000 нм ³ /ч
27.	Температура сетевой воды на входе / на выходе	70 °С / 115 °С
28.	Расход сетевой воды на два котла	190 м ³ /ч
	КУ-20	
29.	Тип и количество	
30.	Тепловая мощность	20 МВт
31.	Расход дымовых газов максимальный на два котла, нм ³ /ч	63994
32.	Температура сетевой воды на входе / на выходе,	70 / 115 °С
33.	Расход сетевой воды, м ³ /ч	380

Ключевым элементом УК является камера дожига (КД) обеспечивающая выделение значительной части тепла в результате дожига летучих и угольной пыли. Камера дожига обеспечивает полное сжигание летучих компонентов и частиц. Температура на выходе из камеры – 1000 °С, которая формируется в результате охлаждения дымовых газов воздухом охлаждения.

Для исключения эрозийного износа теплообменных поверхностей котлов-утилизаторов после камеры дожига предусмотрена пылеосадительная камера, обеспечивающая осаждение минеральных остатков сгоревшей угольной пыли (зола).

Камера дожига имеет многослойную футеровку из огнеупорного и теплоизоляционного кирпича. Для нагрева дымовых газов первая секция камеры дожига оборудована 8 газовыми горелками SVG-E40C-MR.

Для обеспечения непрерывной работы проколочных печей при проведении регламентных работ и аварийных ситуаций на теплообменном оборудовании или камере дожига, а также для отвода излишков дымовых газов в летний период времени или при нереализованной четвертой очереди строительства предусмотрен байпасный газоход. Для исключения возможности формирования взрывоопасной концентрации летучих в газозудушной смеси, байпасный газоход оборудован источником воспламенения дымовых газов – газовой горелкой ВЮ 80НВ.

Для отопления пекоиспользующего оборудования СПЦ устраивается линия из двух трубопроводов ВОТ длиной 250 м от утилизационной котельной до СПЦ.

Поступление пека предусматривается из существующего пекосклада в расходные баки пека объемом 10 м³ каждый по организуемой линии подачи пека типа труба в трубе обогреваемой ВОТ.

Резервуары располагаются в непосредственной близости от СПЦ. Отопление резервуаров нагрева пека организуется от трубопроводов ВОТ на СПЦ.

Технологическая схема смесительного отделения СПЦ была оптимизирована: введен подогрев шихтового материала до температуры 160-170 °С в подогревателях сухой шихты (ПСШ), исходя из расчета один ПСШ на одну смесильную машину. За счет подогрева одной порции шихты при одновременном смешении в смесильной машине предыдущей порции, время смешения горячего пека и горячей шихты снижается, а качество смешения значительно увеличивается.

Снаружи на фасаде здания СПЦ организуются прямой и обратный коллектор ВОТ Ду200. От коллекторов выполняется подвод и отвод ВОТ к пекоиспользующему оборудованию (подогреватели сухой шихты и смесительная машины) и пекопроводам. Подвод ВОТ в СПЦ выполнен к оборудованию по технологическим ниткам: существующим №2–6 и планируемой № 7. Для отопления трубопроводов пека от наземного пекосклада до СПЦ длиной 200 м и по СПЦ длиной 900 м организуется линия подачи пека типа труба в трубе, обогреваемая ВОТ.

Проектирование технологических трубопроводов, газоходов, КД, ПОК и металлических строительных конструкций выполнялось с помощью трехмерного моделирования в системе трехмерного моделирования КОМПАС-3D V13 ЗАО «Аскон». Трубопроводы ВОТ были рассчитаны на прочность и самокомпенсацию в программной системе «Старт» версия 4.71 R2 НТП «Трубопровод».

Неоспоримыми преимуществами настоящей схемы утилизации тепла и перевода обогрева технологического оборудования СПЦ на ВОТ является:

- применение в УГП высокотемпературного пека марки В;
- применение для обогрева незамерзающего высокотемпературного теплоносителя (ВОТ) в замкнутом контуре с температурой 300 °С с бóльшим коэффициентом теплоотдачи (чем у пара), что обеспечивает меньшие затраты тепла на нагрев пека и шихты до требуемых температур;
- оптимизация технологической схемы смесительного отделения СПЦ и сокращение срока подготовки массы для прессования вследствие возможности нагрева шихтового материала в ПСШ во время смешения предыдущей порции шихты;
- независимость работы отдельных комплектов оборудования (ПСШ и смесительная машина) в рамках даже одной нитки;

- максимально возможная производительность СПЦ, лимитируемая только производительностью прессового участка;
- независимое регулирование прокалки (разряжение за печью, положение пламени, температура в печи и т. д.) каждой из прокалочных печей и как следствие более качественная прокалка шихтового материала;
- дожигание всех летучих и пылевой фракции отходящих газов в КД и как следствие улучшение экологических составляющих выбросов в атмосферу;
- возможность утилизации тепла любой из прокалочных печей ПЦ;
- возможность ремонта любой из печей ПЦ;
- утилизация тепла отходящих газов прокалочных печей нагревом ВОТ или сетевой воды;
- возможность ремонта любого из двух КУ ВОТ без остановки СПЦ.

При разработке и реализации проекта были решены достаточно сложные вопросы, возникшие перед разработчиками в ходе проектирования технического перевооружения:

1. Сконструированы газоходы после прокалочных печей, обеспечивающие возможность строительства в стесненных условиях действующего производства без остановки прокалочного цеха;
2. Рассчитана и сконструирована камера дожига тепловой мощностью более 70 МВт, обеспечивающая дожигание летучих и пылевых фракций.
3. Разработаны газоходы (байпасный и сборный), обеспечивающие возможность строительства на площадке в стесненных условиях действующего производства без остановки прокалочного цеха;

На рис. 2 представлен в виде диаграммы Сэнки энергетический баланс промышленной площадки с учетом утилизации тепла.

В настоящее время на заводе реализован первый этап технического перевооружения, в ходе которого обогрев технологического оборудования СПЦ переведен на ВОТ, а также установлена газовая котельная ВОТ, работающая без обслуживающего персонала. По результатам выполнения первой очереди начат выпуск УГП с использованием в качестве связующего компонента высокотемпературного пека.

Успешный опыт реализации перевода на ВОТ и утилизации тепла прокалочных печей НовЭЗ может быть использован на других предприятиях промышленной группы ЭНЕРГО-ПРОМ.

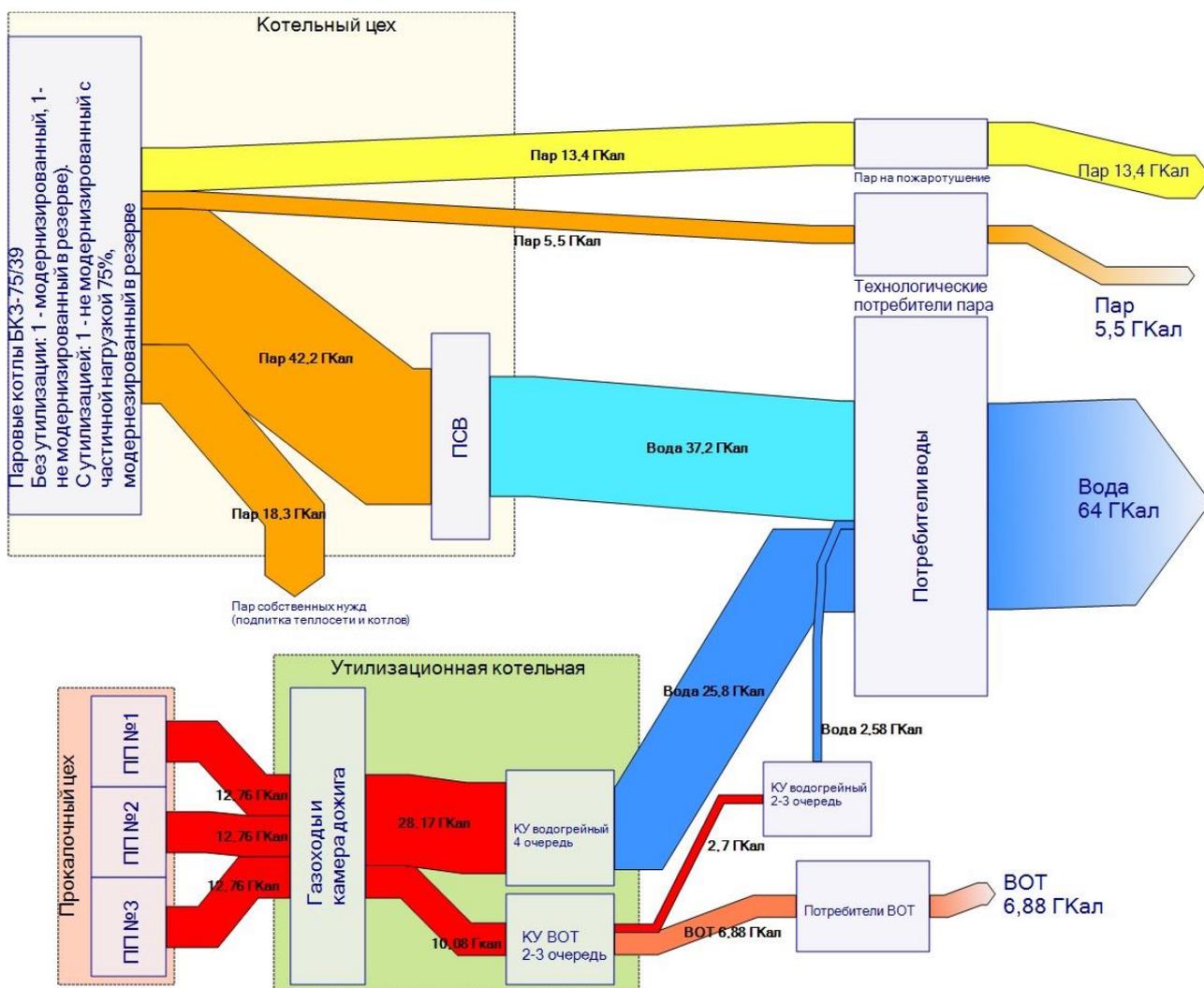


Рис. 2. Энергетический баланс промышленной площадки с учетом утилизации тепла

УДК 669.042

Ю. И. Сторожев, Л. Н. Подборский, А. А. Попиков

ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, Россия

ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АГРЕГАТ ДЛЯ МЕТАЛЛИЗАЦИИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ОКАТЫШЕЙ ВО ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ПЕЧИ

Аннотация

Представлены результаты расчета нагрева железорудных окатышей в смеси с бурым углем во вращающейся печи по методу термически «тонкой» пластины при заданном распределении температуры газа. Разработаны системы утилизации тепла отходящих из вращающейся печи дымовых газов для производства электроэнергии, вторичного тепла и подогрева железорудных окатышей. Выполнена оценка эффективности мероприятий по утилизации тепла дымовых газов вращающейся печи.