

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАМЕННОГО УГЛЯ В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ТОПЛИВА

В условиях Украины особую актуальность в настоящее время приобретает вопрос использования при обжиге окатышей углей собственной добычи вместо импортируемого природного газа. Ориентировочные расчеты показывают, что стоимость единицы тепла, получаемого при сжигании отечественных углей, примерно в три раза дешевле, чем при использовании природного газа. Указанная разница выравнивается при цене природного газа не более 100 долларов США.

В настоящее время имеется достаточно обширный производственный опыт применения угля в качестве технологического топлива для обжига окатышей в системах РТПО. Фирмой «Аллис Чалмерз» спроектированы и введены в эксплуатацию около 10 установок «Решетка – трубчатая печь – охладитель», которые используют каменноугольное топливо с целью экономии природного газа или мазута.

Применение каменного угля имеет целью замену или экономию дефицитных природного газа или мазута для обеспечения стабильной и экономически эффективной работы предприятия. В ходе эксплуатации были определены следующие основные факторы, важные для успешной работы систем РТПО на твердом топливе:

- регулирование тонины помола угля и формы факела;
- регулирование интенсивности подачи угля на горелку;
- использование комбинированных горелок;
- правильный выбор сорта (типа) угля.

Для оптимизации формы факела необходимо регулирование тонины помола угля. В связи с повышением радиационного теплообмена, вследствие увеличения температуры и излучательной способности факела при сжигании угля, недостаточное регулирование формы факела может привести к избыточному местному нагреву, что в свою очередь вызовет перегрев и слипание окатышей, а также может быть причиной налипания материала на футеровку печи (образование настыли). Факел нужно регулировать изменением крупности помола угля таким образом, чтобы отношение его длины к диаметру печи было достаточно большим, но чтобы длина факела при этом не превышала половины длины печи. Значительное влияние на длину факела оказывает содержание в угле летучих. Другим существенным параметром, позволяющим регулировать форму факела, является отношение количества воздуха к углю в пылевоздушной смеси, поступающей в горелку. Эта величина в известной мере может быть подрегулирована также изменением расхода дозируемого угля.

В процессе регулирования этого параметра основные трудности связаны с необходимостью обеспечения заданного качества окатышей и предотвращения местного перегрева (образование спеков и настылей), особенно в периоды уменьшения производительности вращающейся печи. Наиболее успешным определен метод прямого регулирования подачи угля по показаниям пирометра, сфокусированного на поверхность слоя окатышей в печи на участке максимального излучения пламени факела. Таким образом, в автоматическом режиме поддерживается заданная максимально допустимая температура окатышей и вместе с тем предотвращается перегрев и слипание окатышей.

На рис. 1 схематически показана применяемая в системах РТПО горелка для работы на смеси природного газа (или жидкого топлива) и угля в пылевидном состоянии. В промышленных условиях апробированы горелки, рассчитанные на возможность использования трех видов топлива.

При запуске установки или в нестандартных ситуациях необходимо использовать природный газ – наиболее безопасный и удобный для регулирования температурно-тепловых режимов печи и установки в целом. После начала загрузки окатышей через определенный период времени

вводится схема отопления углем, расход которого постепенно увеличивают до номинального, полностью удовлетворяющего потребность установки в тепле и обеспечивающего требуемое качество готовых окатышей.

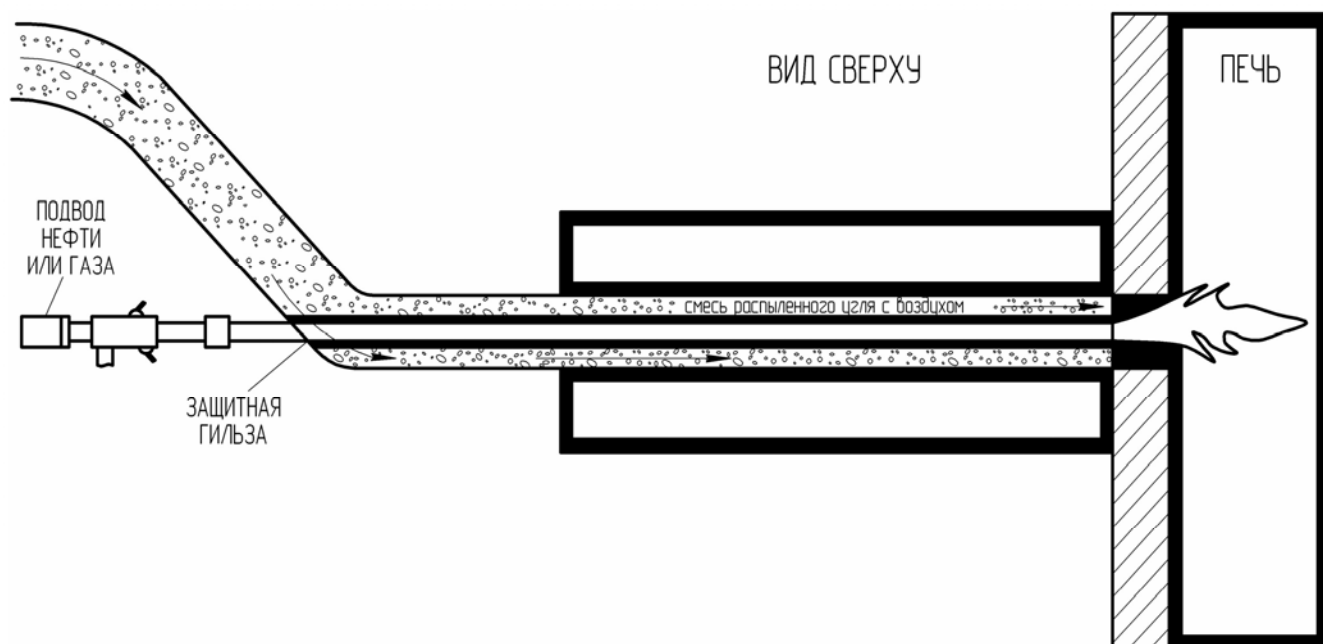


Рис.1 - Комбинированная горелка для работы на распыленном угле в сочетании с нефтяным или газовым топливом

Особенностью термообработки окатышей системы «РТПО» является сжигание технологического топлива только в одной, но повышенной мощности, горелке, расположенной в разгрузочном торце вращающейся печи. камерой сгорания топлива служит футерованный внутренний объем печи, в котором длина факела горелки достигает около половины длины печи. Благодаря этому обеспечивается достаточно продолжительное для качественного упрочнения окатышей их пребывание в зоне высоких температур. Факел должен быть достаточно «мягким», чтобы в зоне максимальных температур последние не превышали уровень, при котором возможно заметное размягчение материала окатышей, приводящее к образованию спеков окатышей и настывлей на футеровке. Кроме того, уголь должен легко воспламеняться (для этого полезны летучие вещества), а его самые крупные частицы – полностью сгорать в объеме печи.

Очень важное требование к свойствам угля – минимальное содержание серы и золы и, в особенности, - повышенные температуры начала размягчения и плавления золы угля. Увеличение массовой доли серы повышает температуру конденсации водяных паров отходящих технологических газов (а с ними - конденсации  $SO_2$  и  $SO_3$ ). Недостаточная тугоплавкость золы способствует образованию настывлей на внутренней футеровке печи.

По результатам исследований фирмы «Аллис Чалмерз» взаимодействие золы угля с окатышами и футеровкой значительно уменьшается, если температура начала плавления (температура «полусферы») и температура плавления (растекание полусферы капли) золы не ниже  $1400^{\circ}C$ . Тугоплавкость золы зависит от ее химического состава, в основном от содержания  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $K_2O$ . Фирмой «Аллис Чалмерз» предложен параметр, устанавливающий пригодность конкретного сорта угля для применения в системе РТПО в зависимости от состава золы угля. Этот параметр, получивший название «параметр Лозина», представляет собой произведение содержания  $Al_2O_3$  в % на сумму содержаний  $Fe_2O_3$ ,  $CaO$  и  $MgO$ . Величина этого параметра менее 350 свидетельствует о возможности применения данного сорта угля для высокотемпературного обжига окатышей в трубчатой вращающейся печи. Кроме того, фирмой проведены исследования влияния на возможное настывлеобразование добавок железорудной пыли, концентрата, содержания серы в каменном угле. Определено, что добавление к углю железорудных пылей различных видов привело к отложению на контрольных дисках отложений, толщина которых пропорциональна концентрации железорудной пыли в смеси с углем и содержанию в пыли двухвалентного железа. Испытаниями углей с различным содержанием серы,

но с одинаковыми характеристиками золы не установлено заметного различия в толщине образующихся отложений. Это свидетельствует о том, что содержание серы в угле не является фактором, существенно влияющим на процессы припекания окатышей и настylieобразования при обжиге в трубчатой печи.

К добавкам, уменьшающим образование спеков и настylieй, следует отнести материалы с высоким содержанием MgO, периодически или постоянно вводимые с углем в печь. Такие добавки успешно используются в цементных обжигательных печах.

В настоящее время с учетом всего опыта эксплуатации систем РТПО с применением угля фирмой «Метсо Минералз» сформулированы уточненные требования к качеству углей. В частности «Метсо Минералз» рекомендует следующие показатели:

- общее содержание золы должно быть менее 12% (на сухую массу);
- % общего содержания золы, умноженный на % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (на рабочую массу) должен быть менее 50;
- содержание летучих компонентов на сухую массу должно быть около 20 – 25%;
- уголь должен быть измельчен до определенной крупности. Для угля с содержанием летучих до 30% и зольностью менее 7% рекомендуемая тонина помола составляет 85% минус 0,074мм. При содержании золы от 7 до 11% рекомендуется более тонкий помол (90% менее 0,074мм). Если количество золы более 11% тонина помола должна быть 95% минус 0,074мм.
- поверхностная влага исходного угля не должна превышать 12%, а гигроскопическая влажность измельченного должна быть не более 1 – 2%.

На рис. 2 и 3 приведены принципиальные схемы, разработанные «Аллис Чалмерз» для этих целей для первых систем РТПО. Обращают на себя внимание три особенности схем:

- совмещение в одном комплексе операций измельчения (с дозированием исходного угля), подсушки и вдувания в горелку вентилятором пылевоздушногазовой смеси;
- дозатор угля в мельницу служит одновременно дозатором угля в печь;
- в схеме используется только один вентилятор – и для вентиляции мельницы, и для вдувания в печь пылегазовой смеси.

Существенной особенностью схем является отсутствие теплогенератора, - источником тепла служит горячий воздух из охладителя.

Схема с мельницей под давлением требует аспирации и без рукавного фильтра неприемлема. В схеме с мельницей под разрежением стойкость вентилятора ограничена. Обе схемы по условиям взрывобезопасности не могут быть использованы с применением углей с содержанием летучих, рекомендованных «Метсо Минералз» (20 – 25%). По-видимому, эти схемы были применены для антрацитовых углей или коксовой мелочи.

Для измельчения углей, соответствующих современным требованиям по составу, фирма «Loesche» предлагает так называемые валковые мельницы в комплексе с центробежным сепаратором, теплогенератором, рукавным фильтром, вентилятором отходящих газов; системой контроля, автоматизации и управления; оборудованием для подачи и распределения CO<sub>2</sub> (нейтральный газ) по взрывоопасным участкам схемы. Особенностью схемы газовоздушных потоков установки является рециркуляция в топку отходящих газов после рукавного фильтра и их контроль на содержание кислорода, что позволяет уменьшить расход нейтрального газа.

На рис. 4 приведена принципиальная схема установок РТПО фирмы LKAB (Швеция) в Кируне: фабрики КК2 (1979г), КК3 (1995) и КК4 (2008г).

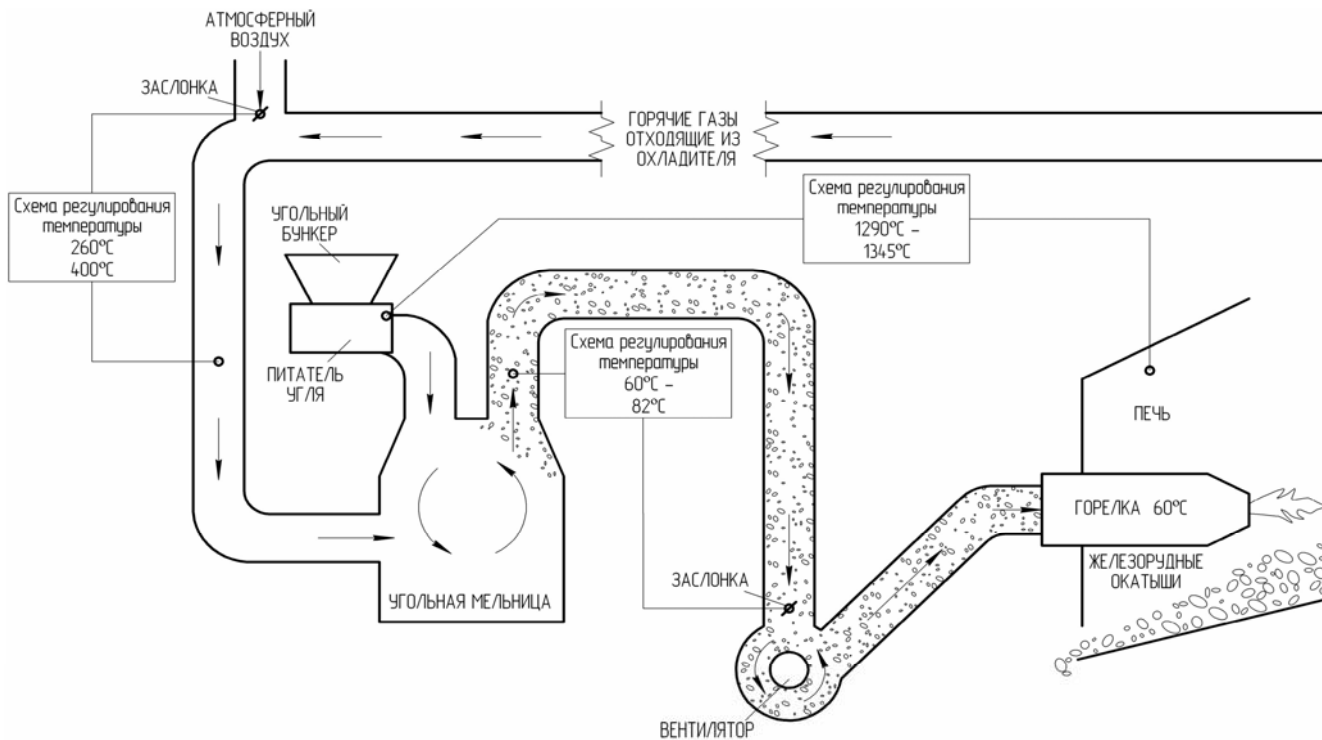


Рис. 2 - Система, работающая на угольном топливе (мельница под разрежением)

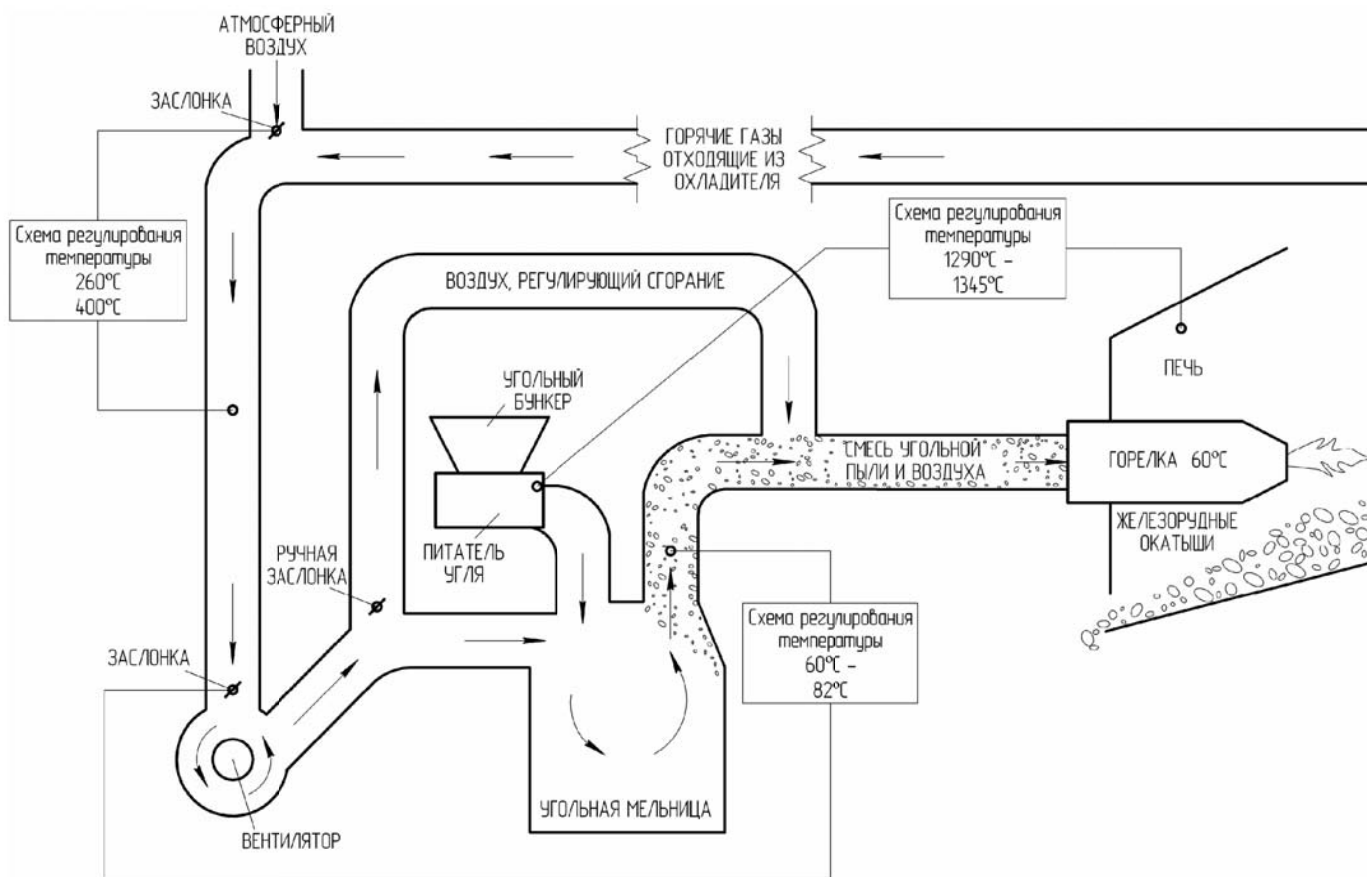


Рис. 3 - Система, работающая на угольном топливе (мельница под давлением)

Производительность установок 4,3 – 5,1 млн.т окатышей в год. На первой фабрике фирмы ЛКАВ (КК 1) была установлена машина конвейерного типа.

Таким образом, работа систем «решетка – трубчатая печь – кольцевой охладитель» на каменноугольном топливе проверена в производственной практике и оказалась эффективной с технологической и экономической точек зрения. Более десяти систем РТПО с отоплением

каменноугольным топливом успешно эксплуатируются в Северной и Латинской Америке, Европе и Австралии.

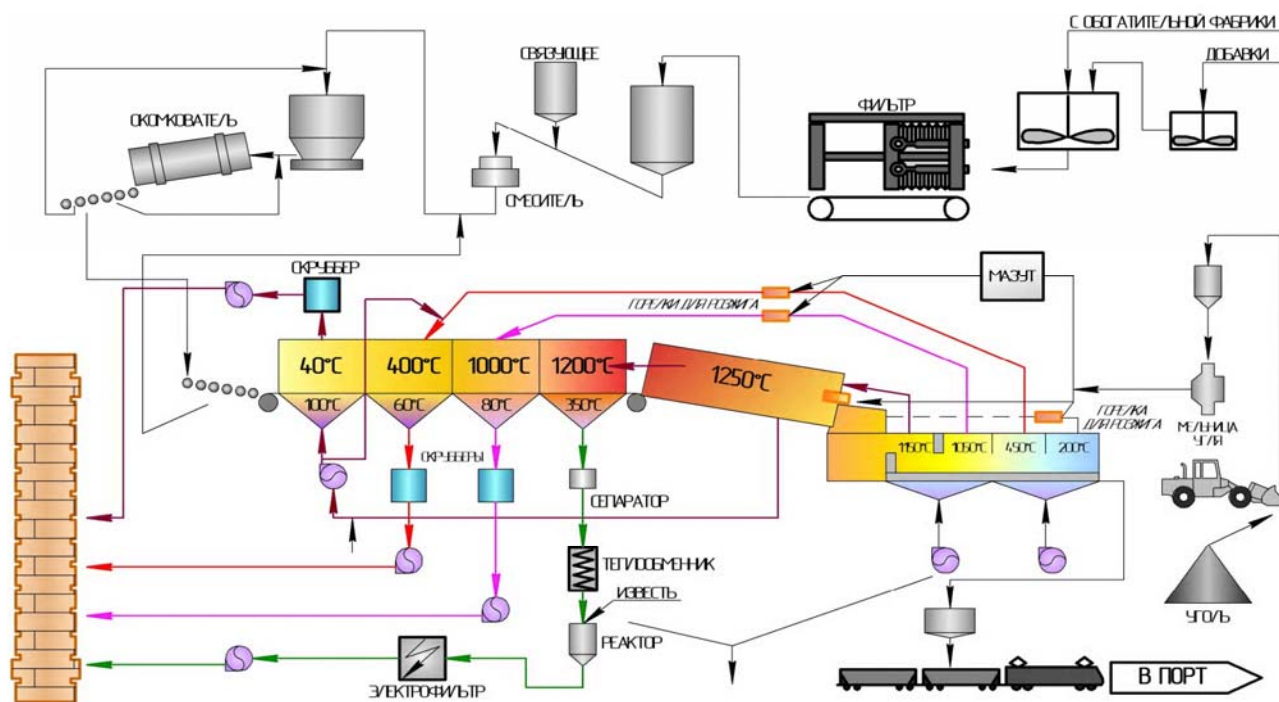


Рис. 4 - Принципиальная схема установки РТПО с использованием угля в качестве технологического топлива (Кируна, Швеция)