

Раздел третий ОБРАЩЕНИЕ С ЗОЛОШЛАКАМИ

3.2. Системы золошлакоудаления ТЭС

3.2.3. Шлакоудаление

3.2.3.5. Применение технологии сухого шлакоудаления с воздушным охлаждением шлака на пылеугольных ТЭС

Куан Ю, Beijing Guodian Futong Science and Technology Development Co., Ltd, Пекин, Кунтай

АННОТАЦИЯ

На ТЭС Китая экологические требования становятся все более жесткими. В целях снижения загрязнения окружающей среды сточными водами ТЭС на пылеугольных электростанциях введена одна из инновационных и передовых технологий сухого шлакоудаления с воздушным охлаждением шлака. В процессе удаления шлака вода не используется совсем. В связи с использованием системы сухого шлакоудаления с воздушным охлаждением шлака был решен ряд эксплуатационных и экологических проблем. Применение «безводных» решений шлакоудаления позволяет избежать проблем и затрат, связанных с очисткой сточных вод при гидрозолошлакоудалении, улучшая эксплуатационные характеристики и эффективность работы котла. Это является важным преимуществом в достижении "нулевого сброса сточных вод" в работе многих электростанций, а также резкое снижение расходов по сравнению с традиционными системами шлакоудаления на пылеугольных электростанциях.

1. ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ РАБОТЕ ТРАДИЦИОННЫХ СИСТЕМ ГИДРОШЛАКОУДАЛЕНИЯ НА ПЫЛЕУГОЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

- Высокий уровень потребления воды;
- Значительные энергозатраты (как правило, используются багерные и циркуляционные насосы большой мощности);
- Риск останова котла;
- Больше потери при прокаливании (6 ~ 15%), что приводит к потерям энергии шлака – все тепло шлака полностью теряется при контакте с водой;
- Потери теплоты в окружающую среду в зоне холодной воронки котла. Шлак падает в воду, и испарение приводит к коррозии водяных труб холодной воронки котла;
- Коррозионный и абразивный износ, высокие расходы на обслуживание;
- Потенциальный риск для оператора (взрыв пара);
- Необходимо значительное пространство для размещения системы, сложная конфигурация;
- Низкая потребительская стоимость золы.

Основные элементы систем гидрошлакоудаления представлены на рис. 1 и 2.

2. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ СУХИХ СИСТЕМ ШЛАКОУДАЛЕНИЯ

Система сухого шлакоудаления со стальной лентой является уникальной технологией эвакуации су-

хого шлака, его охлаждения и удаления из пылеугольных котлов.

Это инновационная и новая система по сравнению с традиционной системой гидрошлакоудаления. Шлак охлаждается воздухом, эвакуируется и транспортируется в сухом виде. Технические характеристики при этом существенно лучше, чем в системах гидрошлакоудаления.



Рис. 1. Система гидрошлакоудаления.

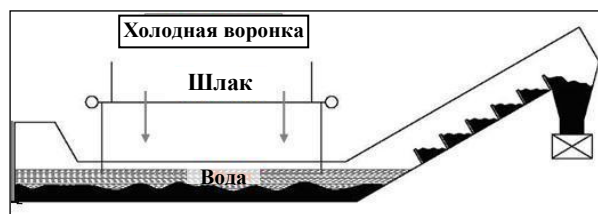


Рис. 2. Система гидрошлакоудаления со скребковым цепочным транспортером.

Система сухого шлакоудаления со стальной лентой широко применяется на новых экологически безопасных ТЭС, а также в проектах модернизации электростанций во всем мире. На основании типа котла и его производительности при любых эксплуатационных и компоновочных особенностях принимаются во внимание и согласовываются: генеральная схема всей электростанции, наличие свободного места, различные технологические схемы системы сухого шлакоудаления.

3. ПРИНЦИП РАБОТЫ

Система сухого шлакоудаления со стальной лентой (рис.3), главным образом, состоит из механического уплотнения, бункера шлака, створки выхода шлака для предварительного измельчения (измельчитель кусков шлака), стальной ленточный конвейер, дробилка шлака, транспортное оборудование,

находящееся далее по ходу потока, силос шлама и разгрузочное оборудование.

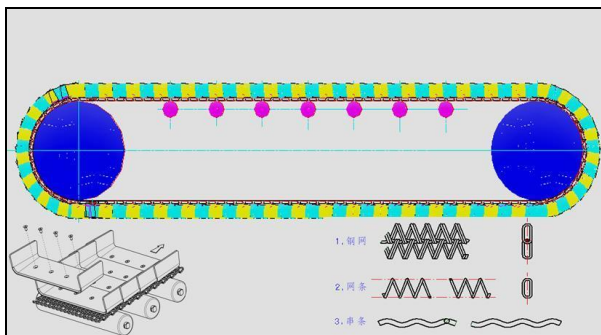


Рис. 3. Схема стальной суперленты.

Основным компонентом системы сухого шлакоудаления является стальная суперлента, которая движется под котлом. Она состоит из износостойких ячеек, находящихся под высокой температурой и частично наложенных друг на друга транспортирующих поддонов. Разработанная стальная суперлента может работать в тяжелых эксплуатационных условиях под холодной воронкой котла, характеризующимися высокой температурой и ударными воздействиями крупных кусков шлама, падающего из котла. Она находится внутри герметичного корпуса транспортера шлама и может свободно расширяться в любом направлении, благодаря своей особой конфигурации.

Усилие передается на стальную сетку посредством ее трения с ведущим шкивом, в то время как гидравлическое компенсаторное устройство на хвостовом (ведомом) шкиве обеспечивает постоянное напряжение. По всей ширине стальную ленту поддерживают несущие ролики с тем, чтобы принимать и выдерживать тяжелое воздействие кусков шлама. Все опорные подшипники и ролики холостой ветви ленты фиксируются снаружи кожуха транспортера для предотвращения перегрева, а также для облегчения ремонтных работ. В связи с отсутствием от-

носительного движения между перемещающимися на ленте поддонами и шлаком, транспортирующимся на ленте, износ стальной ленты может быть незначительным. Как правило, средний срок службы ленты составляет более 10 лет.

Механическое уплотнение обеспечивает герметичное соединение холодной воронки котла с бункером шлама, и он может компенсировать продольное и поперечное расширение котла.

Относительно средней линии котла бункер шлама спроектирован и построен эксцентричным образом, что обеспечивает непопадание больших кусков шлама непосредственно из котла на стальную ленту, которые сначала попадают на наклонную, облицованную огнеупорным материалом, стенку бункера.

Под бункером шлама размещается две створки для предварительного измельчения кусков шлама (рис.4). Створки могут полностью перекрывать выход из бункера шлама. Шлак собирается внутри бункера во время обслуживания оборудования, расположенного далее по ходу потока (рис.5). Кроме того, створки служат для предварительного измельчения больших кусков шлама до размеров менее 300 мм с помощью молотков, в результате чего улучшается эффект охлаждения больших кусков шлама во время их перемещения вдоль стальной ленты. В то же время, может резко снизиться рабочая нагрузка и износ измельчителя шлама.



Рис. 4. Створки для предварительного измельчения шлама

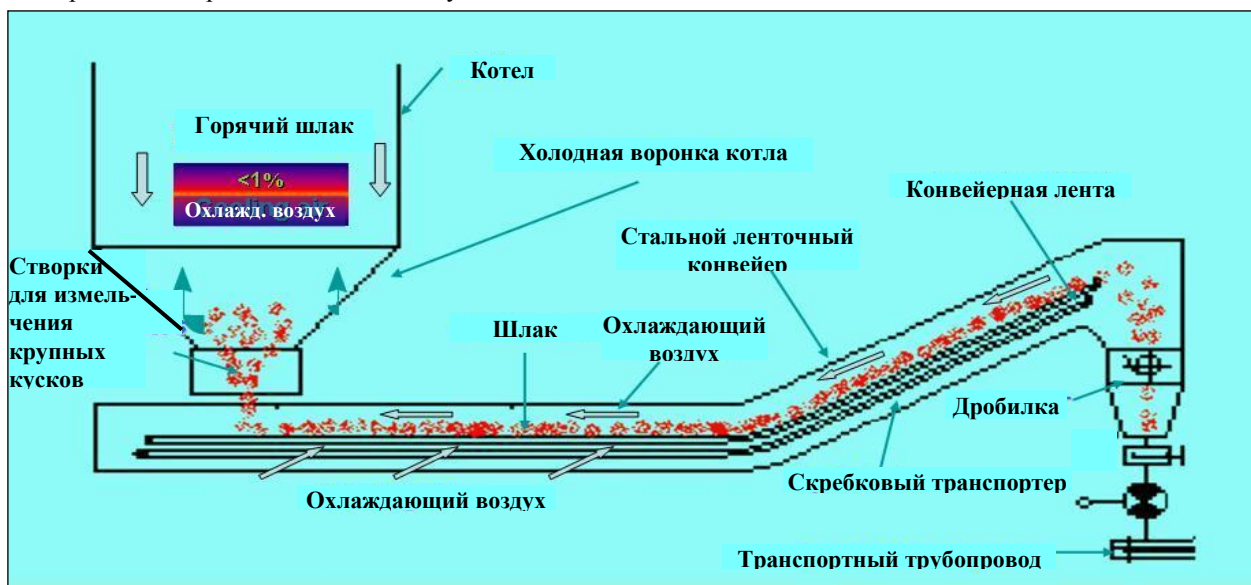


Рис. 5. Рабочий процесс системы шлакоудаления с воздушным охлаждением шлама.

Образовавшийся шлак с температурой около 900°C) падает из топки на стальную суперленту и транспортируется до измельчителя шлака при очень низкой скорости (диапазон изменения скорости – 0,4÷4 м/мин). Небольшое количество контролируемого окружающего воздуха (как правило, не более 1% от общего объема воздуха, подаваемого в котел на сжигание) засасывается в транспортер за счет разряжения в топке котла. Во время охлаждения шлака и стальной ленты сам воздух нагревается до входа в котел (до 350°C при нормальном режиме); нагретый воздух может служить воздухом, подаваемым для сжигания в котле. Кроме эффекта охлаждения, охлаждающий воздух также обеспечивает кислородом горячий шлак. Значительное выгорание несгоревшего углерода в шлаке происходит на стальной суперленте, и тепло обратно возвращается в котел. В традиционных системах гидрошлакоудаления все тепло шлака теряется при контакте с водой. Результаты экспериментов и обширный опыт свидетельствуют о том, что нагретый воздух на охлаждение не влияет на процесс сжигания в котле и образование NO_x. В противовес этому возврат значительного количества тепла позволит увеличить КПД котла.

Во время теплообмена между охлаждающим воздухом и горячим шлаком охлаждающий воздух нагревается до 300 ~ 400°C и горячий шлак охлаждается до температуры ниже 120°C. В нижней части транспортера шлака установлена очистительная цепь во избежание накопления мелкого шлака. Очистительная цепь состоит из двух боковых цепей, связанных посредством скребков, которые прочищают накопившуюся внизу экстрактора пыль в до головной секции транспортера, где она сбрасывается в измельчитель шлака.

4. СИСТЕМА КОНТРОЛЯ

В системе сухого шлакоудаления со стальной лентой и воздушным охлаждением применяется программа автоматизации (PLC + CRT), а также сбор и обработка данных в режиме реального времени, контроль рабочего состояния и управление технологическими процессами (рис.6). Автоматически дается звуковой и световой сигналы информации о неисправностях. Самодиагностика отказов и обеспечение безопасности и стабильности работы системы сухого шлакоудаления. Три режима работы: автоматический, ручной и режим профилактики.

5. ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА, ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

А. Технические преимущества

1). Во время воздушного охлаждения шлака и в процессе его транспортирования вода не используется. Уплотнение между бункером шлака и холодной воронкой котла - механическое (вода не приме-

няется), таким образом, потребность в водных ресурсах резко снижается и реализуется система шлакоудаления "с нулевым уровнем сбросов". Это также позволяет избежать всех проблем, связанных с использованием воды (очистка сточных вод, потребление свежей воды, коррозия оборудования, опасность наледообразования, разбрызгивание горячей воды и т.д.).

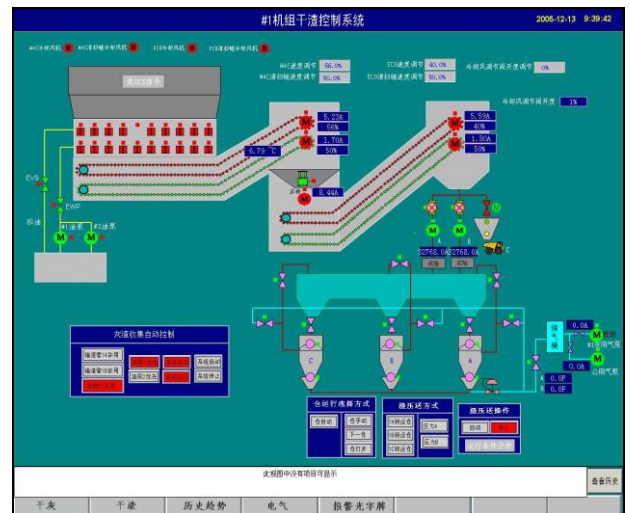


Рис. 6. Мониторинг системы сухого шлакоудаления с воздушным охлаждением шлака.

- 2). Тепло, находящееся в шлаке, тепло, выделяемое при выгорании несгоревшего углерода, а также большая часть теплового излучения в холодной воронке котле возвращается в топку. Это позволяет сократить потери теплоты от неполного сгорания и снизить физические потери тепла со шлаком, что способствует повышению КПД котла.
- 3). Система сухого шлакоудаления с воздушным охлаждением шлака - простая, экологически чистая с отсутствием водной коррозии шлака и износа в отличие от систем гидрошлакоудаления (рис.7). Применение такой системы привело к повышению надежности; она также имеет очень низкие требования по техническому обслуживанию и эксплуатации.
- 3). Стальная суперлента перемещается постоянно с очень низкой скоростью. Ее ожидаемый срок службы составляет не менее 10 лет. Стоимость ее технического обслуживания – очень низкая.
- 5). Количество охлаждающего воздуха составляет менее 1% от общего объема воздуха, подаваемого в камеру сгорания котла, без отрицательного воздействия на процессы горения в котле и образование NO_x.
- 6). Шлак удаляется сухим способом и имеет гораздо более широкие возможности для продаж и комплексного использования.
- 7). Конфигурация системы, находящейся далее по ходу потока, может быть существенно изменена в соответствии с требованиями Заказчика.



Рис. 7. Коррозия традиционной системы гидрошлакоудаления.

В. Экономические характеристики

- 1). Шлак охлаждается и транспортируется без использования воды. Затраты на использование воды равны нулю.
- 2). Срок службы стальной суперленты - более 10 лет, что приводит к значительному снижению затрат на эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт.
- 3). Теплота шлака, теплота, образующаяся при выгорании несгоревшего углерода, а также большая часть теплового излучения в холодной воронке котла возвращаются в топку, что приводит к повышению КПД котла и снижению углепотребления.
- 4). Низкое энергопотребление по сравнению с традиционной системой гидрошлакоудаления (снижение энергозатрат на 30-70%) позволяет экономить затраты на эксплуатацию.
- 5). Гибкая и удобная для потребителя конфигурация системы является более приспособленной к генеральной схеме электростанций.
- 6). Увеличение объемов комплексного использования шлака, уменьшение загрязнения окружающей среды.
- 7). Разумная стоимость, подробный эквивалент ин-

вестиций по сравнению с традиционными системами гидрошлакоудаления.

С. Экологические преимущества

- 1). Отсутствие сбросных вод и других сбросов (рис.8). Таким образом, снижается влияние загрязняющих веществ на окружающую среду и уменьшаются платежи за загрязняющие сбросы, что позволяет получить преимущества с области охраны окружающей среды и контроля образования загрязняющих веществ от источника выбросов.
- 2). При использовании систем сухого шлакоудаления с воздушным охлаждением шлака на многих электростанциях уже не отчуждаются земли для строительства шлакоотвалов. Таким образом, были сохранены обширные ценные земельные угодья, при этом решена проблема пыления шлакоотвалов.
- 3). Сухой шлак можно использовать при производстве различных строительных материалов, таких как изоляционный кирпич, наполнитель для строительства автомагистралей, добавку при производстве цемента и т.д. Комплексное использование сухого шлака позволило сохранить земельные угодья и привело к снижению воздействия и деградации геологической структуры и вида земель, а также подземных вод.



Рис. 8. Экологичная рабочая обстановка системы сухого шлакоудаления четырех блоков мощностью по 600 МВт с воздушным охлаждением.

6. КОМПЛЕКСНОЕ СРАВНЕНИЕ ТРАДИЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ГИДРОШЛАКОУДАЛЕНИЯ С СУХОЙ СИСТЕМОЙ

Параметр сравнения	Система сухого шлакоудаления со стальной лентой и воздушным охлаждением	Система гидрошлакоудаления со скребковым цепочным транспортером
Пригодность для котлов, сжигающих коксующиеся угли	Низкая пригодность, крупные куски шлака размалываются с помощью молотков и не падают на стальную ленту напрямую. Куски шлака после размола легко охлаждаются и эвакуируются стальным ленточным транспортером	Низкая пригодность, крупные куски шлака часто приводили к останову системы гидрошлакоудаления или разрушению цепи, ее блокировке или повреждению и т.д.
Влияние на эксплуатацию котла	Окружающий воздух охлаждает шлак внутри транспортера и внутри него вода отсутствует. 80-90 % теплоты возвращается, что в результате приводит к повышению эффективности котла. Высокие показатели надежности и соответствие требованиям котла	Шлак охлаждается водой. Для коксующихся углей большие куски шлака падают напрямую в воду и приводят к образованию очень опасных паровых взрывов, что вызывает серьезные травмы у персонала на местах
Пространство, занимаемое системой	Небольшое	Больше, чем при использовании сухих систем
Характеристики системы	Конфигурация сухих систем шлакоудаления – проще. При этом практически отсутствует потребность в техническом обслуживании (един-	Система является более сложной. Наличие воды приводит к ускоренной коррозии оборудования и труб котла, а

	ственная работа состоит в периодическом смазывании корпуса подшипников)	также к осыпанию огнеупорных футеровочных материалов в бункере шлака. Высокие затраты на техническое обслуживание вследствие коррозии и износа всего оборудования шлакоудаления, в частности, цепи, скребков и цепных колес
Надежность системы	Высокая	Нормальная
Энергопотребление	Низкое	Выше, чем при использовании сухих систем
Водопотреблением системы	Ноль	Высокое
Комплексные инвестиции (в т.ч. общестроительные работы)	Низкие Срок возврата инвестиций - меньше (около 2-3 лет), из-за низких расходов на эксплуатацию и техническое обслуживание, а также небольшой потребности в запасных частях и вследствие того, что сухой шлак имеет более высокий потребительский спрос	Выше
Расходы на эксплуатацию и техническом обслуживании	Низкие	Высокие
Комплексная утилизация шлака	Шлак охлаждается и удаляется в сухом виде, что способствует продажам шлака и его утилизации (использование при производстве цемента и строительных материалов)	Поскольку шлак удаляется в мокром виде, он может применяться только как наполнитель при производстве дорожных работ или складироваться в отвал, являясь отходом
Условия работы оборудования	Все оборудование работает в условиях отсутствия влаги, что позволяет снизить скорость износа	Цепь, скребки и опорные колеса работают в шлаке/воде, что приводит к интенсивной эрозии и коррозии
Рабочая среда	Система работает под разряжением и рабочая среда – очень чистая	За счет протечек воды и пульпы рабочая среды – очень грязная и ее требуется периодически очищать

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1). В настоящее время во всем мире на энергоблоках пылеугольных ТЭС мощностью от 25 МВт до 1000 МВт насчитывается более 500 установок, смонтированных в системах сухого шлакоудаления с воздушным охлаждением и стальной лентой. Первая система сухого шлакоудаления работает около 26 лет. Первая в мире система сухого шлакоудаления с воздушным охлаждением шлака котла мощностью 1000 МВт успешно введена в эксплуатацию 24 сентября 2009 г. (рис.9).



Рис. 9. Первая в мире система сухого шлакоудаления с воздушным охлаждением, поставленная на котлах двух энергоблоков мощностью по 1000 МВт.

Успешная работа всех систем сухого шлакоудаления доказала, что система с воздушным охлаждением шлака является своевременной и ведущей технологией удаления шлака на пылеугольных электростанциях.

Она может отвечать требованиям по обеспечению высокой эффективности, стабильности, надежности и безопасности системы котельно-вспомогательного оборудования.

2). Система сухого шлакоудаления с воздушным охлаждением шлака соответствует общим мировым требованиям по энергосбережению и снижению выбросов и применима к характеристикам котлов различной мощности, высокому выходу шлака, комплексному изменению марок сжигаемых углей на электростанции. Вместо традиционной системы гидрошлакоудаления, система сухого удаления шлака с воздушным охлаждением имеет экономические и социальные преимущества в связи с экономией водопотребления, энергопотребления, повышением общего показателя использования шлака и снижением воздействия на окружающую среду.

Таким образом, технология сухого шлакоудаления с воздушным охлаждением шлака и стальной лентой является экологически приемлемой и должна широко использоваться на всех пылеугольных электростанциях (в новых проектах или проектах реконструкции) во всем мире.

Киан Ю. Применение технологии сухого шлакоудаления с воздушным охлаждением шлака на пылеугольных ТЭС // Материалы IV научно-практического семинара «Золошлаки ТЭС: удаление, транспорт, переработка, складирование», Москва, 19–20 апреля 2012 г. — М.: Издательский дом МЭИ, 2012. С. 66 – 70.