

# Модернизация системы первичной очистки и охлаждения технологических газов, отходящих из электродуговой печи

Полностью модернизирована система всасывания и первичной очистки технологических газов для электродуговой сталеплавильной печи (ЭСП) на металлургическом заводе в Сен-Сольве, Франция. Установлены инновационные системы очистки, удовлетворяющие современным и перспективным требованиям, которые могут возникнуть в будущем в случае повышения производительности печи. Особое внимание уделено простоте эксплуатации и технического обслуживания, гарантирующим бесперебойную работу системы и печи. Примененные системы контроля и регулирования температуры заметно уменьшают коррозию. Абразивный износ тоже будет значительно сокращен благодаря тому, что внутри камеры дожигания будут эффективно отделяться твердые и минеральные частицы, содержащиеся в отходящих газах.

Металлургический завод в Сен-Сольве, расположенный в Северной Франции, вблизи Валансьена, поставляет круглую непрерывнолитую заготовку трубопрокатным цехам компании V & M Tubes во Франции и Германии. Только один трубопрокатный цех находится в непосредственной близости от металлургического завода в Сен-Сольве; остальные расположены вблизи французских городов Ольнуа-Эмери и Девиль-ле-Руан и германских городов Дюссельдорф-Рат и Мюльхайм. Наряду со специальными сталями, составляющими большую часть сортамента, на предприятии выплавляют также стали углеродистых марок. Круглые заготовки отливают диаметром 180–325 мм. Возможна поставка в кузнечные цехи заготовок диаметром 140 мм. Сталь выплавляют в 95-т ЭСП переменного тока с трансформатором мощностью 85 МВА/72 МВт.

## Цели проекта модернизации

Система первичной очистки отходящих газов на металлургическом заводе, введенная в действие в 1975 г., была полностью модернизирована. На первом этапе заменили фильтры и вентиляторы системы первичного всасывания технологических газов на ЭСП. В результате этой замены

«узким местом» всей системы газоочистки стала существующая конструкция водяного охлаждения отходящих газов, так как степень пылеочистки оказалась ниже теоретически возможной. Производительность существующей системы охлаждения не соответствовала возросшему объему всасываемых газов. Кроме того, она



Патрубок газохода отходящих газов, присоединенный к ЭСП

Дипл. инж. Олаф Хюшер, директор-распорядитель производства, дипл. инж. Маттиас Тённис, руководитель проекта, компания KSK Kuhlmann-System-Kühltechnik GmbH, Хальтерн-ам-Зее, Германия  
 Контакт: [www.k-s-k.de](http://www.k-s-k.de)  
 Эл. почта: [tennis@k-s-k.de](mailto:tennis@k-s-k.de)

была подвержена значительным коррозии и износу.

Основной целью проекта модернизации было повышение эффективности системы первичной пылеочистки технологических газов, отходящих из ЭСП. Вместе с тем новая система должна была обеспечить возможность сепарации крупных частиц пыли как можно ближе от ЭСП, а также возможность удаления отделенной пыли с помощью мощного оборудования во время коротких остановок на плановое техническое обслуживание. Предполагалось, что будут установлены новые узлы и детали системы пылеудаления, более простые в сборке и ремонте, а также со значительно большим сроком службы, что позволило бы сократить продолжительность их замены.

Так как было заранее намечено остановить производство в период летних отпусков, то на реализацию всего проекта отводился всего 21 день.

### Техническое воплощение проекта

Прежде чем приступить к разработке концепции модернизации, рассчитали ожидаемые показатели объема и температуры отходящих газов, образующихся в процессе плавки в ЭСП. На основе результатов этих расчетов были приняты размеры и параметры компонентов системы охлаждения. Система была спроектирована на основании рабочих параметров, зафиксированных контрольно-измерительной электронной аппаратурой в ходе действующего процесса и учитывающих возможность будущего повышения производительности печи. При определении ожидаемых объемов и температуры отходящих газов использовали стехиометрические расчеты.

Хотя главные приоритеты были отданы гарантированному оптимальному пылеудалению при работе печи в периоды пиковых нагрузок (например, при заливке чугуна), менее интенсивные стадии технологического процесса также принимали во внимание с точки зрения оптимального использования ресурсов. Уже на этой стадии система должна была соответствовать конкретным требованиям намеченного улучшения производительности печи. Техническая характеристика новой системы первичной

очистки и охлаждения отходящих газов приведена в таблице.

Компания KSK определила ожидаемые параметры отходящих газов, исходя из максимально возможного дожигания в камере сгорания. Воздух, необходимый для горения, должен поступать через тщательно регулируемый зазор между коленом на своде печи и нисходящим всасывающим патрубком. Объем камеры сгорания был определен, исходя из условия, что высокая интенсивность сепара-

ции должна быть обеспечена даже если объем камеры будет увеличен при создании условий для дожигания.

Вопреки накопленному прежде опыту коррозионного износа компонентов системы охлаждения, в проекте была принята замкнутая система. Система температурного контроля, которую компания KSK использует на многих других установках, обеспечивает равномерное распределение высоких температур в объеме охлаждающей воды, что позволяет

#### Конструктивные параметры ЭСП, определенные сталеплавильщиками

Диаметр пода печи, мм	5900
Масса плавки, т	95
Характеристики трансформатора, МВА/МВт	85/72
Время от выпуска до выпуска плавки, мин	50
Число загрузочных коробов	2

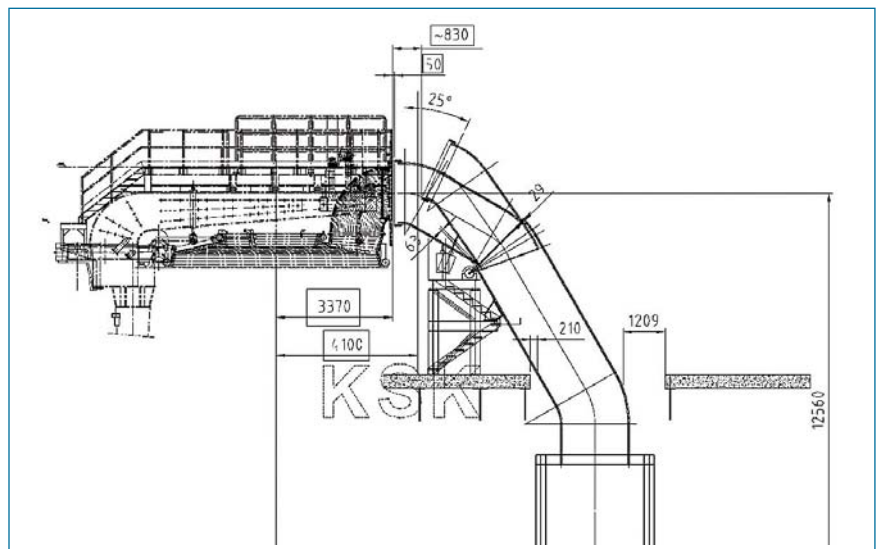
#### Расчетные параметры работы цеха

Количество тепла при расплавлении, ккал/ч (кДж/ч)	59,62·10 <sup>6</sup> (249,81·10 <sup>6</sup> )
Поток отходящих газов через отверстие в своде, м <sup>3</sup> /ч (н. у.)	53500
Расход воздуха для горения, м <sup>3</sup> /ч (н. у.)	96500
Общий расход отходящих газов, м <sup>3</sup> /ч (н. у.)	150000
Температура газа в конце газопровода горячих газов, °С	600

#### Размеры и расположение системы отвода газов

4-е окно свода, мм	Диам. 2000
Колено печи, мм	Диам. 2000
Отвод отходящих газов, мм	Овал 2800×2000
Камера сгорания (h×w), мм	5250×3200
Газопровод горячих газов (HGD), 5 сегментов, мм×м	Диам. 2200×45
Перепад давления в газопроводе горячих газов, ГПа	8
Сеть первичного водяного охлаждения, м <sup>3</sup> /ч	1500
Перепад температур охлаждающей воды, К	21,1

#### Техническая характеристика новой системы первичной очистки и охлаждения отходящих газов



Конструкция первого колена газохода отходящих газов

предотвратить конденсацию пара из отходящих газов в системе газоходов и тем самым препятствовать развитию часто наблюдаемого эффекта коррозии.

В систему газоотвода входят:

- сеть первичного охлаждения;
- колено на своде печи;
- регулируемый отвод;
- камера сгорания;
- водоохлаждаемый газоход горячих газов;
- трубопроводы сети первичного охлаждения.

### Конструкция новой системы отвода отходящих газов

Колено газохода отходящих газов, нисходящее от свода ЭСП, необходимо было оснастить дросселем с быстро регулируемым зазором. Еще одно требование заключалось в том, что отверстие всасывающего патрубка должно было располагаться достаточ-

но далеко, чтобы в систему водяного охлаждения мог всасываться только воздух из атмосферы печного пролета (в случае нарушения нормального режима работы системы охлаждения). Это требование было выдвинуто для предотвращения перегрева и вызванного им разрушения компонентов системы охлаждения.

Скользкая муфта в защитном исполнении, которая является типичным решением в подобных системах отходящих газов, не могла обеспечить достаточно быстрое открывание и закрывание отверстия, требуемые в данном случае. Поэтому цель была достигнута с помощью колена, состоящего из двух частей: закрепленного сегмента с увеличенным внутренним сечением и отдельной наклоняемой «головки». Зазор можно регулировать с помощью двух гидравлических цилиндров (на 25° или на длине более

800 мм в течение требуемых 8 с). Этот компонент системы, испытывающий высокие термические нагрузки, должен иметь возможность замены единым узлом в течение нескольких часов.

Управление гидравлической системой рассчитано на жесткие среды металлургических цехов. Система управления гарантирует необходимую синхронизацию двух гидравлических цилиндров со встроенными датчиками положения. Перемещения цилиндров согласуются с помощью синхронизирующей панели. Цилиндры сконструированы таким образом, что если один из них выходит из строя, то усилия второго достаточно, чтобы поднять колено. Предусмотрен гидравлический аккумулятор, гарантирующий подъем и опускание колена газохода отходящих газов даже в случае аварийной ситуации и отключения подачи энергии.

**Камера сгорания.** Необходимый объем камеры сгорания определен расчетным путем. Основным условием было достижение такой скорости газового потока внутри нее, которая не превышала бы заданный уровень. Локальные условия ограничивали высоту и ширину камеры сгорания. Минимальную ширину камеры определили, исходя из необходимости доступа с обеих сторон тяжелой техники для очистки. Проектные размеры камеры: длина 18,2 м; ширина 3,2 м; высота 5,2 м.

Общая поверхность охлаждения площадью 270 м<sup>2</sup> образована легкозаменяемыми потолочными и стеновыми панелями, установленными на самонесущих водоохлаждаемых рамных элементах. Такая конструкция обеспечивает необходимое удобство технического обслуживания и создает условия для быстрого монтажа оборудования. Верхняя рамная конструкция снабжена охлаждающими панелями. В таком виде верхнюю раму камеры сгорания транспортируют в сталеплавильный цех для монтажа. На монтажной площадке необходимо установить только восемь опор, нижний ряд охлаждающих панелей и соединительные детали системы водяного охлаждения. На лицевой стороне камеры сгорания имеются две подъемные дверцы. Они дают возможность быстрого доступа тяжелой техники для очистки камеры сгорания.



Доставка камеры сгорания



Подъемная дверца на фасаде камеры сгорания

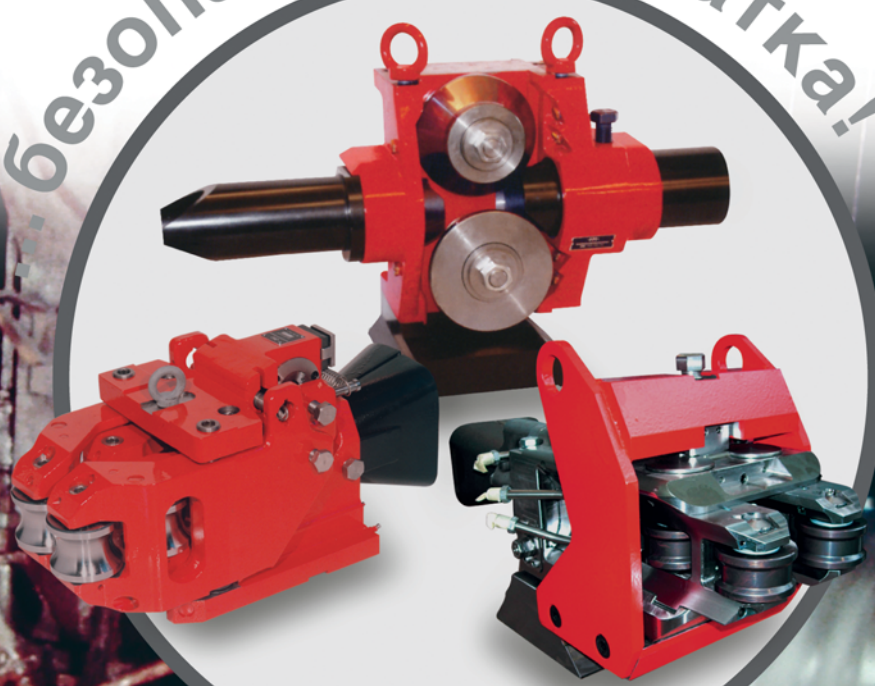


...150 лет!

Мы сильны в "ноу-хау",  
инжиниринге и обслуживании  
сортопрокатных станов  
и проводок.



Безопасная прокатка!



**DANIELI MORGÅRDSHAMMAR**

Morgårdshammar AB  
SE-777 82 SMEDJEBACKEN, Sweden

Тел.: +46 240 668500  
Факс: +46 240 668501

Эл. почта: [mh@morgardshammar.se](mailto:mh@morgardshammar.se)  
[www.morgardshammar.se](http://www.morgardshammar.se)

Филиал компании:

Morgårdshammar AB

Отдел продаж в Крефельде

P.O. Box 101552

D-47715 KREFELD, Germany

Тел.: +49 2151 81290

Факс: +49 2151 611795

Эл. почта: [office@mh-guides.de](mailto:office@mh-guides.de)



[www.mh-guides.com](http://www.mh-guides.com)



Газоход для горячих газов разделен на пять сегментов



Насосная станция без крыши и одной стены

Поступление большей части оборудования в предварительно собранном виде оказалось решающим фактором, позволившим реализовать проект за предоставленный для этого короткий промежуток времени простоя цеха. Этот же принцип гарантировал возможность легкой и быстрой замены отдельных изношенных компонентов системы. В то же время число панелей различных размеров свели к минимуму, сократив тем самым номенклатуру запасных частей.

Мероприятия по созданию безопасных условий труда обслуживающего персонала на этом участке были разработаны совместно с заказчиком из Франции и его коллегами, в соответ-

ствии с национальными нормативами и спецификациями.

**Газоход для горячих газов.** Общая требуемая длина его была установлена равной 45 м. Учитывая возможность быстрой замены, систему подразделили на пять сегментов. На участке этого газохода отходящие из печи газы охлаждают прямоточным методом, т. е. подаваемая вода движется параллельно потоку газов. Этот способ, многократно оправдавший себя, особенно удобен в случаях, когда охлаждение осуществляют теплой водой. Система легкодоступна для мониторинга, можно успешно предотвратить частичный перегрев на отдельных участках.

Возможность индивидуального регулирования расхода воды в линии охлаждения каждого сегмента позволяет оптимизировать этот параметр в системе первичного охлаждения. В каждом сегменте газохода горячих газов на обоих концах имеются кольцевые коллекторы, которые позволяют выровнять температуру в случае локального перегрева, вызванного «горячими точками». Подвод и отвод охлаждающей воды происходит через U-образные коллекторы и четыре коротких соединительных патрубка. В случае замены сегмента газохода горячих газов необходимо только разъединить патрубки и поднять звено с вкладыша опоры. Такое конструктивное решение появилось в соответствии с концепцией, согласно которой возможности упрощения технического обслуживания и сокращения продолжительности сборки-разборки имеют высокий приоритет.

#### Контейнер насоса и система охлаждения

Возрастающая доля скрапа с поверхностными покрытиями в шихте ЭСП приводит к увеличению содержания агрессивных компонентов в расплавленном металле. Соответственно, и для отходящих газов также характерно повышенное содержание таких составляющих, кроме того, в них попадают пары с продуктами горения кислорода и газа в горелках. Если температура отходящих газов оказывается ниже точки росы (например, в результате ее изменения на протяжении сталеплавильного цикла), то пары конденсируются на более холодных стенках труб. В конденсате содержатся агрессивные компоненты газов, такие, как хлор, сера и фосфор, растворенные в воде. Эти кислые растворы оказывают сильное коррозионное воздействие, что приводит к быстрому разрушению материалов бойлера. Окислению в точке росы дополнительно способствуют системы охлаждения с холодной водой, которые все еще нередко применяют на установках очистки газов от пыли.

Эффективный способ предотвращения конденсации жидких компонентов — поднять температуру охлаждающей воды выше точки росы отходящих газов. Для этого необходимо использовать замкнутые системы охлаждения с регулируемой температурой воды,



**EIRICH**



# Технологии для современной металлургии – Интенсивные смесители фирмы АЙРИХ. Оборудование, ноу-хау и сервис из одних рук



## Берите на вооружение опыт партнёра

- Обогащение металлосодержащих руд
- Смешивание агломерационных материалов
- Особые технологии

- Рециклинг зол и шламов
  - с целью сокращения отходов (снижение расходов на складирование)
  - воспроизводство ценных материалов
  - для сокращения эмиссии вредных веществ
  - с целью экономии энергии

реклама

### ООО Айрих Машинентехник

ул. Уржумская, 4, строение 2  
129343 Москва, Российская Федерация  
Телефон: (495) 7716880, факс: (495) 7716879  
E-mail: info@eirich.ru, Internet: www.eirich.ru

### ООО Айрих Машинентехник

ул. Стартовая 20, офис 302  
49041, Днепропетровск, Украина  
Телефон: (056) 794 31 45; Факс: (056) 794 31 46  
Эл. почта: info@eirich.ua



The Pioneer in Material Processing®

Новатор в приготовлении смесей



Доставка насосной станции

в которой во всем объеме охлаждающей среды при перемещении через терморегулируемый водовод поддерживают температуру на уровне не ниже 60 °С. Максимальную температуру воды в возвратном трубопроводе задают на уровне примерно 90 °С. Эти температурные уровни не должны быть превышены. Тепло отходящих газов используют для нагрева воды в сети первичного охлаждения. Если установленные уровни превзойдены, то объемный поток жидкости в сети первичного охлаждения направляют в теплообменник; до возникновения такой ситуации с помощью вентилей в системе замкнутого охлаждения перегоняют объемный поток жидкости по перепускным трубам в обход теплообменника.

Температура и расход охлаждающей воды — основные параметры, посредством которых контролируют работу системы охлаждения. Но датчики давления также играют важную роль, особенно при регулировании работы насосной станции, так как они характеризуют преобладающий уровень давления в системе охлаждения. Для регулирования температуры необходимо измерять ее фактические значения. С этой целью обычно применяют термометры сопротивления с линейной зависимостью выходного сигнала (РТ-100 или РТ-1000) и преобразователи, установленные на соединительных патрубках.

Для обеспечения надежной работы компонентов системы водяного охлаждения ЭСП и других систем важнейшим контролируемым параметром

служит расход жидкости. Расходомеры являются основой мониторинга любого подобного показателя. В случае утечки или нарушения работы насоса необходимо предпринимать соответствующие меры как можно быстрее, чтобы избежать аварийной ситуации. Объемные потоки измеряют с помощью разнообразных приборов, основанных на различных принципах. В числе наиболее часто применяемых методов — магнитно-индуктивный, ультразвуковой, с помощью погружных датчиков. В описываемом случае был использован магнитно-индуктивный метод.

Этот способ измерения расхода движущейся среды предусматривает создание магнитного поля, перпендикулярного направлению движения среды. Жидкость, движущаяся через магнитное поле, индуцирует электрический ток в цепи измерения. Напряжение индуцированного тока пропорционально средней скорости потока и, следовательно, объемному потоку. Преобразователь устанавливают в трубе посредством погружного рукава.

Мониторинг расхода жидкости, давления на входах и выходах в насосы и теплообменники, а также температуры охлаждающей воды не ограничивают несколькими точками в пределах насосной станции. В дополнение к этому проводят эксплуатационные измерения температуры и расхода после каждого сегмента системы охлаждения. Все результаты измерений и все диагностические сообщения компьютерной системы, контролирующей работу насосной станции,

поступают на пульт управления работой печи через блок передачи и визуализации информации. На дисплее пульта операторы могут постоянно отслеживать текущие рабочие параметры системы охлаждения, что дает возможность на весьма ранней стадии любого нарушения рабочих режимов принять меры по их корректированию. Это гарантирует высокий уровень работоспособности оборудования и способствует прогнозированию потребности в техническом обслуживании или необходимости замены отдельных узлов и деталей.

Насосная станция спроектирована как установка с резервным оборудованием. В ней предусмотрены три насоса и два теплообменника. Для реального технологического процесса требуются два насоса и один теплообменник. Система управления приводами насосов обеспечивает автоматическое включение резервного насоса в случае остановки одного из двух работающих. Очистку и техническое обслуживание пластинчатого теплообменника можно выполнять во время его работы.

**Монтаж и сдача в эксплуатацию.** Еще на начальной стадии разработки проекта было очевидно, что все операции по монтажу сложного оборудования на одной площадке и прокладку всех трубопроводов невозможно завершить за время короткой остановки цеха всего на 3 недели. Кроме того, устанавливаемая насосная станция должна была отличаться компактностью из-за ограниченных площадей. Прокладка всех необходимых трубопроводов в небольшом здании также оказалась чрезвычайно сложной задачей. Так как фундаментные работы нельзя было начинать заранее, то опцию блочной сборки отдельных компонентов насосной станции пришлось полностью исключить.

Эти проблемы были решены путем применения предварительной сборки и холодного опробования оборудования насосной станции контейнерного типа со всеми насосами, теплообменниками, трубопроводами, электрооборудованием и системой управления на площадке компании KSK в Хальтерн-ам-Зее. Установку контейнера с насосом облегчил тот факт, что многослойные панели не закрепляли на стальных рамных конструкциях крыши и стен контейнера до тех пор,

пока монтажные работы не были завершены. Благодаря такому решению можно было использовать внешние грузоподъемные устройства на протяжении всей стадии монтажа.

Чтобы иметь достаточно времени для прокладки трубопроводов, контейнер с насосом доставили на монтажную площадку перед окончательной сборкой системы и установкой ее в рабочую позицию. После установки контейнера на фундаменты осталось только соединить разъемы для подачи электроэнергии, а также подключить трубы для подачи воды в системы первичного и вторичного охлаждения.

### Выводы

С целью модернизации системы отвода газов от высокопроизводительной электродуговой сталеплавильной печи с целью их очистки и первичного охлаждения разработана инновационная установка, соответствующая современным нормам очистки и способная удовлетворить перспективные требования в будущем. Особое внимание было уделено простоте управления и технического обслуживания, которые гарантировали бы бесперебойную работу печи.

Установленная система контроля заданного температурного режима позволяет значительно уменьшить коррозионный износ. В результате срок службы компонентов установки намного возрастает, в частности благодаря блоку децентрализованного управления, ориентированному на рабочие параметры конкретной водоохлаждаемой системы первичного всасывания отходящих газов. Наряду с этим будет значительно уменьшен абразивный износ вследствие того, что внутри камеры сгорания происходит интенсивная сепарация твердых и минеральных частиц пыли из отходящих газов. Все перечисленные преимущества гарантируют оператору высокую работоспособность оборудования, следствием которой станет короткий период окупаемости инвестиций. ■

## Транспортировка и охлаждение ГБЖ



### Охлаждающие конвейеры AUMUND

- Запатентованная система охлаждения паром с использованием минимального количества воды
- Отсутствие шлама
- Полная автоматизация
- Материал не разрушается и не окисляется
- Существенное повышение качества ГБЖ благодаря запатентованной системе деликатного охлаждения



11-14 НОЯБРЯ, 2014, МОСКВА

**МЕТАЛЛ-ЭКСПО 2014**

Посетите наш стенд 2В36, павильон 75



Представительство AUMUND Фердертехник ГмбХ  
 Российско-Немецкий Дом, офис 44 • ул. Малая Пироговская 5  
 Москва / Россия  
 metallurgy@aumund.de • info@aumund.ru • www.aumund.ru