

А.М.Башмаков

ОБОРУДОВАНИЕ КОМПЛЕКСА ДЕСУЛЬФУРАЦИИ ЧУГУНА ГРАНУЛИРОВАННЫМ МАГНИЕМ

Целью работы является разработка требований и компоновочных решений комплексов десульфурации чугуна гранулированным магнием, учитывающих организацию действующего или проектируемого производства индивидуально у каждого заказчика. Для решения проблемы кардинального повышения качества выплавляемой стали, в т.ч. за счет производства низкосернистых и особо чистых по сере марок сталей, с одновременным уменьшением затрат на их получение, на многих крупных металлургических предприятиях нашли применение технологии внепечной десульфурации чугуна.

внепечная десульфурация чугуна, гранулированный магний, компоновочные решения, технология, низкосернистые стали,

Состояние вопроса. В настоящее время наибольшее распространение получил инъекционный способ ввода десульфурующего реагента под расплав чугуна в ковше через погружаемую в него фурму [1]. В Китайской народной республике, крупнейшем производителе стали в мире, самое широкое распространение получила украинская технология десульфурации чугуна, разработанная учеными ИЧМ НАНУ и внедренная в промышленное производство в сотрудничестве с Государственным научно-исследовательским и проектным институтом титана и ООО «Инфоком». По этой технологии в качестве десульфурующего реагента применяется гранулированный магний без разубоживающих добавок [2].

К началу 2009 года по проектам украинских специалистов и при их непосредственном участии в Китае построены и успешно эксплуатируются более 50 установок десульфурации чугуна на различных металлургических комбинатах. Обработка чугуна ведется в ковшах с массой расплава от 40 до 280т. Созданные аппаратурно-технологические комплексы десульфурации чугуна, в сравнении с другими известными в мире процессами десульфурации чугуна с применением магния, характеризуются самой высокой степенью усвоения магния и самой высокой эффективностью [3]. На установках обрабатывается чугун с исходным содержанием серы, изменяющимся в широких пределах вплоть до 0,2%. При этом, конечное содержание серы в чугуне после обработки снижается вплоть до 0,001–0,002%.

Установки десульфурации чугуна, выполненные по украинской технологии и украинским проектам, отличаются высоким уровнем надежности оборудования, высокой стабильностью технологического процесса и получаемых результатов (95–97%) [4]. Установки имеют высокий уровень автоматизации, разработанный украинскими специалистами и реализованный на базе аппаратуры фирмы SIEMENS. Она обеспечивает как пол-

ностью автоматизированное управление всеми технологическими операциями и оборудованием, так и дистанционное пооперационное управление ими с компьютеризированного пульта управления. Для обеспечения высокой производительности выполнен анализ и разработаны меры по совершенствованию циклограмм их работы [5].

Постановка задачи. Следует обратить внимание на опыт создания новых компоновочных решений установок десульфурации чугуна. Как правило, установки десульфурации располагаются на площадях сталеплавильных цехов, у миксерных отделений или вне цехов, т.е. на маршруте движения чугуновозных ковшей из доменного цеха в сталеплавильный. При разработке компоновочных решений обязательно учитывается организация действующего или проектируемого производства индивидуально у каждого заказчика. Сохраняя, в основном, принципиальную основу технологических решений, были созданы рациональные и экономичные компоновочные решения, а также соответствующее им оборудование, обеспечивающие реализацию преимуществ украинской технологии десульфурации чугуна и учитывающие особенности каждого заказчика [6].

Целью работы является разработка требований и компоновочных решений комплексов десульфурации чугуна гранулированным магнием, учитывающих организацию действующего или проектируемого производства индивидуально у каждого заказчика.

Изложение материалов исследования. Принципиальная аппаратурно-технологическая схема современного комплекса десульфурации чугуна гранулированным магнием на один пост десульфурации представлена на рис. 1. Кроме оборудования, обозначенного на схеме, комплекс десульфурации чугуна включает в себя также системы трубопроводов пневмотранспорта и подачи технологических газов, сжатого воздуха, прочих энергоресурсов с запорной и регулирующей арматурой, систему контроля и автоматизированного управления технологическим процессом и оборудованием, промышленное телевидение.

Работает комплекс десульфурации следующим образом. Гранулированный магний поступает на установку в контейнерах 4 (типа «big-bag») и загружается через загрузочную воронку 3 в загрузочный модуль 1, который обеспечивает хранение текущего запаса магния и подачу его в модуль-дозатор. Один модуль может производить загрузку нескольких модулей-дозаторов, установленных на постах десульфурации, т.е. обслуживать несколько постов десульфурации. На практике загрузочный модуль обслуживает все посты десульфурации, размещаемые в сталеплавильном цехе или перед ним. Модуль-дозатор 17 обеспечивает программируемую автоматизированную принудительную подачу магния при его вдувании в жидкий чугун. Интенсивность вдувания магния регулируется в пределах 0–18 кг/мин, погрешность дозирования не превышает 0,5%.

висимости от конкретных условий обработки (массы чугуна, температуры, глубины расплава в ковше, исходного и конечного содержания серы и других условий у заказчика) применяются либо фурмы с испарительной камерой на выходе, либо цилиндрические фурмы с одним или двумя выходными соплами [7]. Глубина погружения фурм в расплав чугуна (около 200мм от дна ковша), высота подъема фурмы над рабочей площадкой (около 1200мм) во многом определяют высоту устройства ввода фурм в расплав 14 и верхнюю отметку выступающих частей оборудования комплекса десульфурации чугуна.

Обработка чугуна осуществляется в чугуновозном ковше 11, подаваемом чугуновозом 18 в камеру десульфурации. После десульфурации с поверхности чугуна скачивается шлак. Для этого ковш 11 наклоняется с помощью кантователя ковша в сторону машины скачивания шлака 24 и осуществляется его скачивание в шлаковую чашу, установленную на тележку шлаковой чаши 19. Оборудование (17, 14, 16) обеспечивает требуемые условия работы фурменных устройств. Система автоматизации, промышленное телевидение и главный пульт управления установкой десульфурации реализуют автоматизированное программное управление всеми операциями и работают в тесной связи с системой АСУ ТП сталеплавильного завода.

На рис.2,3 и 4 представлен вариант расположения комплекса десульфурации в чугуновозных доменных 60-ти тонных ковшах на пути подачи чугуна из доменного цеха в конвертерный. Компоновка выполнена для сталеплавильного завода №1 Циндаоского металлургического комбината в Китае [6]. Комплекс десульфурации чугуна расположен в отдельно стоящем производственном здании, бывшем миксерном отделении, в котором до реконструкции было установлено два барабанных миксера. Они были демонтированы и на освободившихся площадях по проекту украинской стороны был создан комплекс десульфурации, включающий два поста десульфурации, три поста скачивания шлака, три поста перелива расплава из доменных ковшей в заливочные ковши, два стенда для обслуживания фурм и отдельно стоящий расходный склад гранулированного магния. Комплекс размещался в стесненных условиях. Учитывалась также необходимость сохранения неизменными двух железнодорожных веток, проложенных вдоль отделения: одна – для подачи доменных ковшей, вторая – для подачи заливочных ковшей в конвертерный цех. Во время реконструкции на этих железнодорожных ветках практически непрерывно осуществлялся прямой перелив чугуна из доменных ковшей в заливочные.

Каждый пост десульфурации представляет собой камеру десульфурации и скачивания шлака, образованную боковыми стенами и перекрытием, являющимся одновременно главной площадкой десульфурации с отметкой верха +6.000. Внутри камеры производится технологический процесс десульфурации и скачивания шлака.

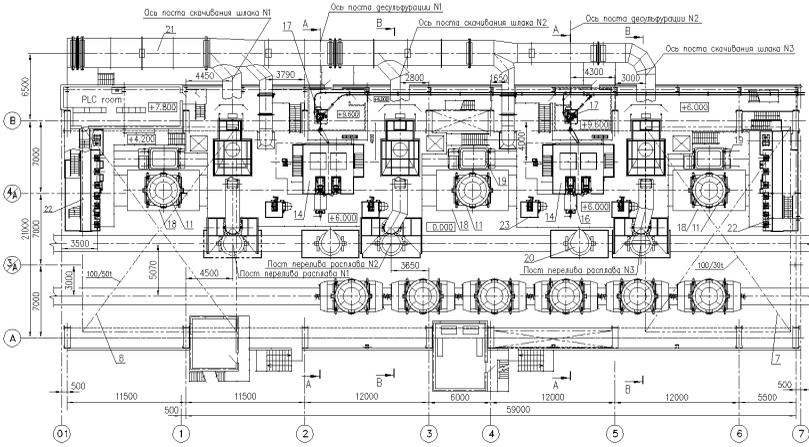


Рис.2. Вид в плане отделения десульфурации чугуна

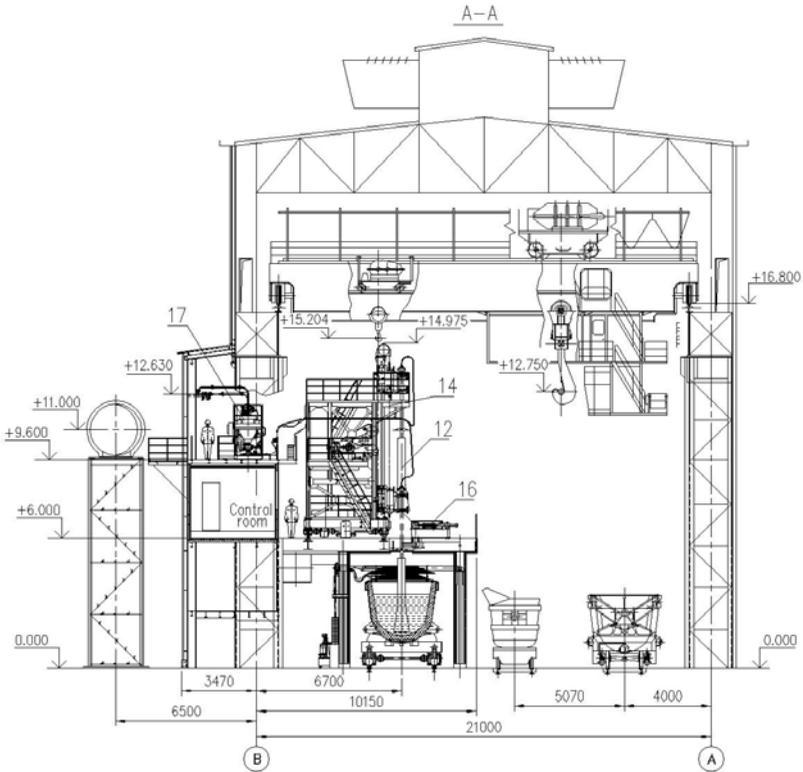


Рис.3. Поперечный разрез отделения десульфурации чугуна по посту десульфурации

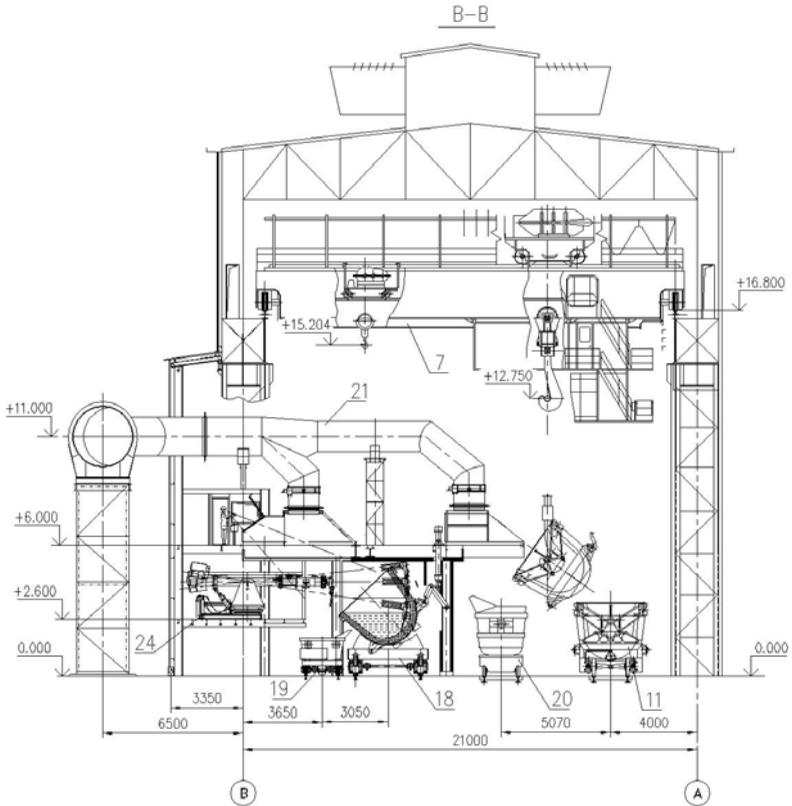


Рис.4. Поперечный разрез отделения десульфурации чугуна по посту скачивания шлака и перелива расплава.

Сверху на перекрытие каждой камеры на отм. +6,000 установлено устройство ввода фурм в расплав 14, оснащенное двумя вертикальными направляющими с каретками, на которые устанавливаются фурменные устройства 12. На несущих металлоконструкциях каждого устройства ввода фурм в расплав выполнены площадки, на которых размещаются электромеханические приводы перемещения самих устройств и приводы подъема и опускания фурменных устройств. С этих же площадок производятся обслуживание и ремонтные работы размещенного на них оборудования. Обоснование рациональных конструктивных параметров устройств ввода фурмы в расплав приведено в статье [8]. Устройства ввода фурм в расплав 14 перемещаются по рельсам, проложенным по главной площадке десульфурации. У проемов площадки с отм.+6,000, предназначенных для прохода фурменных устройств 12, установлены устройства

фиксации фурм в нижнем рабочем положении 16, крепящиеся к отм.+6,000 [8–10]. Каждое такое устройство имеет гидравлический привод фиксации фурмы. Эти устройства подключены к гидравлическим маслонасосным станциям, размещенным на отм.0,000.

В нижней части проема в отм.+6,000 выполнена воздушная завеса, предотвращающая выход дымовых газов, образующихся при десульфурации и скачивании шлака, на рабочую площадку. Под отм.+6,000 по оси десульфурации установлены водоохлаждаемые крышки ковшей с гидравлическим приводом их подъема и опускания. У краев главной площадки десульфурации со сторон въезда и выезда чугуновозов из камер десульфурации на отм.+6,000 установлены устройства измерения температуры и отбора проб 23.

Со стороны ряда В у боковой стены отделения на главной площадке десульфурации на отм.+6,000 расположены два помещения операторских – главных пультов управления – по одному на каждый пост десульфурации. Над этими помещениями на площадках обслуживания с отм.+9.600 установлены модули–дозаторы 17, которые гибкими рукавами (магниепроводами) связаны с фурменными устройствами 12, установленными на устройствах ввода фурм в расплав 14. Под главной площадкой десульфурации, т.е. под отм.+6,000, со стороны ряда В выполнена площадка с отм.+2,600, на которой установлены гидравлические машины скачивания шлака 24.

По отметке 0,000 постов десульфурации проложены рельсовые пути, по которым перемещаются чугуновозы 18 и тележки для шлаковых чаш 19 в положения ведения процесса десульфурации и скачивания шлака и обратно в положения замены ковшей и шлаковых чаш. Наклон ковшей, установленных на чугуновозы в сторону машин скачивания шлака, выполняется при помощи специальных кантователей с гидроприводом. Эти кантователи установлены не на чугуновозах, а стационарно на главной площадке десульфурации с отм.+6,000. Постановку доменных ковшей на чугуновозы, их съем с чугуновозов, перелив чугуна из доменных ковшей в заливочные ковши, а также постановку шлаковых чаш на тележки и съем шлаковых чаш осуществляются существующими мостовыми кранами 7 и 8.

Стенды для обслуживания фурм 22 размещены на отм.+4,200 у торцовых стен здания отделения десульфурации. На стендах для обслуживания фурм производится сборка и разборка фурменных устройств, их обслуживание, ремонт их футеровки огнеупорными смесями с последующей сушкой. Стенды для обслуживания фурм 22 снабжены устройствами для обмыва фурм и устройствами сушики фурм с электрообогревом. Сжатый воздух используется на стендах для работы пневматических инструментов.

Транспортные операции с фурменными устройствами 12 во время их установки на устройства ввода фурм в расплав, а также их сборке, разборке на стенде для обслуживания фурм выполняются таями электрически-

ми г/п 3 т, установленными дополнительно на наружных сторонах мостов мостовых электрических кранов 7 и 8. Отдельно от постов десульфурации в осях 01–1 с примыканием к ряду В размещаются помещения МСС и PLC.

В составе настоящего проекта расходный склад гранулированного магния выполнен в отдельно стоящем здании в предложенном заказчиком месте. Подача гранулированного магния со склада на посты десульфурации осуществляется трубопроводами пневмотранспорта.

Особенности компоновки данной УДЧ:

1. Учитывая очень стесненные размеры отделения, было предложено использовать всю его длину, исключая «мертвые», необслуживаемые зоны в тупиках кранового пути. Это было достигнуто с помощью дополнительно установленных на боковых сторонах мостов мостовых кранов, обращенных наружу отделения, монорельсов с электрическими тельферами грузоподъемностью 3 тонн, обеспечивающих все транспортные операции с фурмами. Управление тельферами осуществляется из кабин мостовых кранов.

2. Учитывая высокую степень наполнения доменных ковшей расплавом (около 200 мм от верхнего уровня расплава до верхней кромки ковша), были применены водоохлаждаемые крышки ковшей, накрывающие ковши на время продувки чугуна магнием. Каждая крышка снабжена гидравлическим приводом опускания на ковш и гравитационным приводом подъема крышки в верхнее положение, который обеспечивает подъем крышки в верхнее положение даже в случае аварийного отключения электроэнергии или выхода из строя гидравлической насосной станции.

3. Разработана специальная конструкция чугуновозов, применяемых на установке десульфурации, предназначенных для постановки на них доменных ковшей, и обеспечивающих перемещение ковшей на посты десульфурации, скачивания шлака и обратно. При этом конструкция чугуновоза позволяет осуществлять наклон установленного на него доменного ковша внешним кантователем (т.е. кантователем, установленным не на чугуновозе) в сторону машины скачивания для проведения операции скачивания шлака в шлаковую чашу.

4. Применены стационарно устанавливаемые по осям постов скачивания шлака кантователи ковшей специальной конструкции. В состав каждого кантователя входит приводной гидроцилиндр, специальный крюк, а также система тяг и рычагов, обеспечивающих необходимую траекторию движения крюка, который при движении вверх производит захват оси кронштейна, служащего для опрокидывания ковша, и наклон ковша в сторону машины скачивания шлака. При обратном движении вниз производится возврат ковша в исходное вертикальное положение и высвобождение оси кронштейна ковша.

5. Для обеспечения максимальной производительности всего комплекса десульфурации была разработана циклограмма синхронизирован-

ной работы чугуновозов, постов десульфурации и постов скачивания шлака. Эта циклограмма была введена в систему автоматизированного управления процессом в виде алгоритма работы оборудования отделения десульфурации и подтвердила практически свою целесообразность, а система управления высокую надежность и работоспособность, обеспечив максимально высокую производительность всего отделения десульфурации [5].

В связи с вводом в эксплуатацию отделения десульфурации номенклатура выпускаемой продукции не изменилась, и, тем не менее, связанные с созданием настоящего отделения десульфурации затраты были окуплены заводом за первые полгода его эксплуатации. Достигнуто это было, в основном, за счет использования заводом более дешевых сырьевых материалов, в том числе из-за повышенного содержанием серы в них и увеличения выпуска товарной продукции за счет интенсификации доменного и конвертерного процессов. При этом увеличенное содержание серы в доменном чугуне уменьшается на установках десульфурации до требуемого.

Заключение.

Представлены основные узлы оборудования комплекса десульфурации чугуна и показаны решения по их размещению в имеющемся производственном здании. Показана возможность гибкого размещения оборудования комплекса, включающего два поста десульфурации и по три поста скачивания шлака и перелива расплава в заливочные ковши при наличии двух железнодорожных путей. Для условий эксплуатации комплекса разработаны специальная конструкция чугуновоза и кантователи ковшей оригинальной конструкции. Разработана циклограмма работы оборудования комплекса и система автоматизированного управления, обеспечивающая максимальную производительность комплекса.

Убедившись на практике в высокой эффективности и надежности украинской технологии десульфурации руководство Циндаоского металлургического комбината приняло решение о строительстве в составе нового сталеплавильного завода двух УДЧ по вышеуказанной технологии без объявления тендера.

1. *Разработка* и развитие процесса внедоменной десульфурации жидкого чугуна в ковшах вдуванием диспергированного магния / А.Ф.Шевченко, А.М.Башмаков и др. // *Фундаментальные исследования и прикладные проблемы черной металлургии*. Сб.научн.тр. ИЧМ. – Вып.16. – 2008.– С. 242–257.
2. *Создание* и промышленное применение современных аппаратурно-технологических комплексов десульфурации чугуна на меткомбинатах Китая / В.И.Большаков, А.Ф.Шевченко, А.М.Башмаков и др. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2004. – №4. – С. 6–12.

3. *Совершенствование* и промышленное применение украинской технологии десульфурации чугуна вдуванием магния / В.И.Большаков, А.М.Башмаков, А.Ф.Шевченко и др. // The 4th International Steel Congress. China, том 1. апрель 2006. – С. 164–172.
4. *Новое* оборудование комплексов внепечной обработки чугуна гранулированным магнием / В.И.Большаков, А.Ф.Шевченко, Ю.И.Черевик, А.М. Башмаков // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2006. – №1. – С.95–99.
5. *Использование* циклограмм для совершенствования процессов десульфурации чугуна гранулированным магнием / В.И.Большаков, А.М.Башмаков, Ю.И.Черевик, А.Ф.Шевченко // *Фундаментальные исследования и прикладные проблемы черной металлургии*. Сб.научн.тр. ИЧМ. – Вып.11. – 2005. – С. 80–85.
6. *Комплекс* десульфурации чугуна в ковшах малой емкости / А.Ф.Шевченко, Б.В.Двоскин, А.М.Башмаков и др. // *Фундаментальные исследования и прикладные проблемы черной металлургии*. Сб.научн.тр. ИЧМ. – Вып.8. – 2004. – С. 151–156.
7. *Разработка* и исследование фурм нового поколения используемых для десульфурации чугуна / В.И.Большаков, А.Ф.Шевченко, А.М.Башмаков, Ю.И.Черевик // *Фундаментальные исследования и прикладные проблемы черной металлургии*. Сб.научн.тр. ИЧМ. – Вып.12. – 2006. – С. 123–132.
8. *Башмаков А.М.* Выбор основных конструктивных параметров устройств ввода фурм в расплав // *Фундаментальные исследования и прикладные проблемы черной металлургии*. Сб.научн.тр. ИЧМ. – Вып.18. – 2008. – С. 382–292.
9. *Создание* и механизм фиксации фурм и выбор методики его расчета / В.И.Большаков, Ю.И.Черевик, А.М.Башмаков // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. –2006. – №4. – С. 104–107.
10. *Обоснование* параметров механизма фиксации фурм десульфурации чугуна / В.И.Большаков, Ю.И.Черевик, А.М.Башмаков // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2007. – №1. – С. 64–69.

Статья рекомендована к печати:

Ответственный редактор

раздела «Металлургическое машиноведение»

академик НАН Украины В.И.Большаков

рецензент докт.техн.наук А.Ф.Шевченко

О.М.Башмаков

Устаткування комплексу десульфуратії чавуну гранульованим магнієм

Метою роботи є розробка вимог і компонувальних рішень комплексів десульфуратії чавуну гранульованим магнієм, що враховують організацію діючого або проєктованого виробництва індивідуально у кожного замовника. Для вирішення проблеми кардинального підвищення якості сталі, що виплавляється, в т.ч. за рахунок виробництва особливо чистих по сірці марок сталей, з одночасним зменшенням витрат на їх отримання, на багатьох крупних металургійних підприємствах знайшли застосування технології позапічної десульфуратії чавуну.