

УДК 66.074:621.928.94:669.187

Д.В.СТАЛИНСКИЙ, д.т.н., профессор, генеральный директор, **М.Н. ШВЕЦ**, начальник отдела
Украинский государственный научно-технический центр «Энергосталь» (УкрГНТЦ «Энергосталь»), г. Харьков

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ СИСТЕМ УЛАВЛИВАНИЯ И ОЧИСТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ГАЗОВ И НЕОРГАНИЗОВАННЫХ ВЫБРОСОВ КРУПНОТОННАЖНЫХ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИТЕЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ

Значительное увеличение мощности и интенсивности работы современных дуговых сталеплавильных печей (ДСП) обусловило применение новых систем газоудаления и газоочистки, новых газоотводящих и пылеулавливающих устройств. Выполненный обзор и анализ современных систем, поставленных ведущими в области электрометаллургии компаниями, позволяют учесть и использовать новые технические решения при разработке, проектировании и освоении систем газоудаления и газоочистки крупнотоннажных ДСП.

электросталеплавильное производство, электродуговые печи, ДСП, системы газоудаления и газоочистки, крышные зонты, сводовый патрубок, газоохладитель, спрейное охлаждение, искроуловитель, рукавный фильтр, бустерный дымосос, технология «Констил»

В последние годы в России и Украине происходит интенсивное развитие электросталеплавильного производства, реконструируются и сооружаются мощные крупнотоннажные дуговые сталеплавильные печи, снабженные современными средствами интенсификации плавки, длительность которой снижена до 30–60 мин.

Поставка ДСП со всеми системами и устройствами, обеспечивающими технологический процесс, в основном производится ведущими в области электрометаллургии зарубежными фирмами, которые в комплекте с ДСП поставляют также инжиниринг и оборудование современных систем газоудаления и сухой газоочистки печных технологических газов и неорганизованных выбросов.

Резкое увеличение мощности и интенсивности современных ДСП в сравнении с ДСП-100 80–90-х годов прошлого столетия обусловило применение соответствующих систем газоудаления и газоочистки [1, 2, 3].

Ниже приведены общие технические решения, характерные для систем газоудаления, поставленных и поставляемых большинством инофирм:

1. Совмещенная схема газоудаления и сухой очистки технологических печных газов от четвертого отверстия в своде печи и неорганизованных выбросов (аспирационных газов) от крышного зонта, улавливающего интенсивные пылегазовые выбросы при завалках и подвалках металлошхты, сливе жидкой стали, выбиваниях газов через электродные зазоры и другие неплотности печи и при других режимах плавки.

2. Отказ от камер-укрытий ДСП, которые ранее широко применялись в мировой электрометаллургии, связан с тем, что при современной скоростной плавке (30–60 мин) камера-укрытие с верхними загрузочными проемами и воротами для стелевозов и шлаковозов (в процессе скоростной плавки их необходимо часто закрывать и открывать) в условиях высоких температур и выплесков жидкой стали и шлака лимитирует технологический процесс, удлинит его и может нарушить плавку.

Исходя из вышеизложенного, для улавливания неорганизованных выбросов ДСП общепринятым решением является применение крышных зонтов.

3. В связи с применением эркерного или донного выпуска стали для современных ДСП используются односекционные крышные зонты вместо двухсекционных.

4. В связи с интенсивным выносом крупных частиц металла и шлака из рабочего пространства ДСП (через сводовый патрубок вместе с печными газами) сочленение сводового и стационарного патрубка выполняется крутоизогнутым или крутонаклонным (без горизонтального участка), что исключает отложение крупной пыли и зарастание газоприемного стационарного участка водоохлаждаемого газохода.

5. Водоохлаждаемая камера дожигания, располагаемая за газоприемным газоходом, выполняется в виде емкой безбункерной пылеосадительной камеры с воротами, через которые при плановых ремонтных остановках ДСП уловленная и осевшая на дне камеры пыль убирается фронтальным погрузчиком. Такая простая конструк-

ция пылеосадительной камеры обусловлена интенсивным выносом из печи крупных фракций пыли и шлака, которые быстро забивали применявшиеся ранее пылевые «стояки».

6. Горизонтальный водоохлаждаемый трубчатый газоход (соединяющий пылеосадительную камеру с газоохладителем), длина которого определяется расчетом снижения до ~ 600 °С температуры печных газов после дожигания оксида углерода перед кулером-газоохладителем.

7. В газоохладителе технологические газы охлаждаются с ~ 600 °С до 250–300 °С.

Применяются разные конструкции газоохладителей.

- трубчатые газоохладители – с принудительным воздушным вентиляторным охлаждением, в которых горячие технологические газы проходят вертикально внутри труб диаметром 80–150 мм, а охлаждающий воздух продувается осевыми вентиляторами через межтрубное пространство в поперечном направлении;
- пластинчатые «карманные» газоохладители – с принудительным воздушным вентиляторным охлаждением;
- «змеевиковые» или «петлеобразные» трубчатые газоохладители – с естественным охлаждением в тонкостенных трубах большого диаметра (700–800 мм).

Недостатком трубчатых вентиляторных газоохладителей является образование пылевых отложений на трубах и необходимость периодической их чистки. Этому недостатка в значительной степени лишены пластинчатые газоохладители, которые к тому же более компактны.

В настоящее время широкое распространение получили «змеевиковые» газоохладители естественного воздушного охлаждения, установленные за ДСП на металлургических предприятиях России и Украины. Преимущества таких газоохладителей (несмотря на большие габариты) – простота конструкции, забываемость труб большого диаметра (700–800 мм), отсутствие энергоемких охлаждающих вентиляторов, простота эксплуатации.

8. Кулеры-газоохладители с воздушным вентиляторным или естественным охлаждением в основном применяются европейскими фирмами. Североамериканские фирмы применяют, как правило, контактное водяное, спреерное охлаждение горячих технологических газов с полным испарением впрыскиваемой воды, распыляемой водовоздушными форсунками (спреерами). Такие спреерные газоохладители значительно компактнее и менее металлоемки, чем газовоздушные, однако более сложны в эксплуатации, требуют стабильной подачи воды, сжатого воздуха необходимых параметров и четкой работы

автоматики, которая должна обеспечить полное испарение воды и необходимые температуры в газовом тракте. Невыполнение этих условий приводит к шламовым отложениям в газоходах и забиванию мокрой пылью фильтровальных рукавов в рукавных фильтрах.

9. Плавка в современных интенсивных ДСП сопровождается выбросом в газовый тракт раскаленных и горящих частиц, часть которых (при отсутствии искроуловителя) долетает с газами до рукавного фильтра и прожигает фильтровальные рукава. В большинстве современных газоулавливающих систем ДСП искроуловители, как правило, установлены, – это горизонтальные или вертикальные циклоны. Ранее циклоны-искроуловители устанавливались только на тракте газоотвода технологических газов до соединения последних с аспирационными газами, отводимыми от крышного зонта. Сейчас циклоны большого диаметра устанавливаются на весь суммарный объем технологических и аспирационных («крышных») газов и выполняют функции газосмесительной камеры перед рукавным фильтром, в которой смешиваются потоки горячих технологических и холодных аспирационных газов и усредняются их температуры.

10. В современных ДСП при завалках и подвалках скрапа (24–75 раз в сутки), а также сливах (24–30 раз) потоки горячих запыленных газов устремляются вверх, под крышу цеха, где должны полностью улавливаться и отводиться крышными зонтами, чтобы обеспечить нормальные условия труда в цехе и предотвратить неорганизованные «крышные» выбросы в атмосферу. Конструкция крышного зонта и объем «крышных» газов должны гарантировать полное и эффективное улавливание потоков неорганизованных выбросов печных газов во все периоды плавки. Предлагаемые и реализуемые некоторыми ведущими иносфирмами конструкции крышных зонтов имеют большие размеры в плане (перекрывают печной пролет), высоту и объем в расчете на полное улавливание даже залповых выбросов. Следует отметить, что ранее ведущие иносфирмы проектировали и реализовывали малоемкие зонты, оказавшиеся неэффективными. Однако технические решения с малоемкими зонтами предлагаются и в настоящее время.

11. Наиболее важным и ответственным элементом совмещенной системы газоулавливания и газоочистки ДСП является пылеуловитель – рукавный фильтр, после которого очищенные газы выбрасываются в атмосферу.

В современных системах газоочистки ДСП применяются, как правило, рукавные фильтры с импульсной регенерацией, реально обеспечивающие очистку выбросов до остаточного пылесодержания в пределах 5–10 мг/м³.

Конструкции рукавных фильтров, поставляемых иносфирмами, имеют следующие особенности:

- применение рукавов длиной 7–8 м, диаметром 160 мм, что уменьшает размеры и металлоемкость фильтра;
- применение некоторыми иносфирмами для импульсной регенерации рукавов (даже при длине 8 м) сжатого воздуха низкого давления (до 2,5 бар), благодаря специальной конструкции продувочного клапана;
- использование цельных, несоставных каркасов рукавов с увеличенной высотой шатра-укрытия фильтров (для выемки рукавов), что, по мнению иносфирм, значительно увеличивает срок службы каркасов, уменьшает износ рукавов и упрощает операции по их замене;
- основные узлы систем регенерации (продувочные клапаны, накопители, трубопроводы сжатого воздуха и др.) из алюминия или нержавеющей стали;
- отсечные клапаны чистого газа в конструкциях фильтров некоторых фирм выполняются тарельчатыми, что обеспечивает полную газоплотность в сравнении с поворотными заслонками;
- для равномерного газораспределения по высоте рукавов некоторые фирмы предусматривают на входе газа в рукавные камеры перфорированные перегородки с неравномерной степенью перфорации по высоте;
- автоматизация процесса регенерации предусматривает только режим «on-line» (без отключения секций по чистому газу) – такой режим учитывает конкретные условия технологического процесса и характеристику газопылевого потока;
- в системе пылеудаления от бункеров рукавного фильтра отсутствуют шлюзовые затворы-питатели под бункерами фильтра – под всеми бункерами одного ряда проходит герметичный, газоплотный скребковый конвейер с одним общим шлюзовым затвором на пылевыгрузке из конвейера, что упрощает и удешевляет систему пылеудаления;
- европейские фирмы, также как и фирмы СНГ, разрабатывают и поставляют высокопроизводительные крупногабаритные рукавные фильтры для крупнотоннажных ДСП – как единое секционированное изделие с цельным металлическим корпусом и одним общим контроллером для автоматического управления системой регенерации, что представляется оптимальным техническим решением.

Отдельные ведущие канадские и американские фирмы составляют аналогичные высокопроизводительные рукавные фильтры из отдельных автономных модулей, каждый из которых снабжен собственным контроллером.

Такие технические решения представляются спорными и более затратными (подобные модульные фильтры более металлоемки, имеют большие габариты и сложнее в эксплуатации).

12. Цоколь дымовой трубы используется в качестве всасывающей сборной камеры основных дымососов, что значительно сокращает габариты газоочистки.

13. На ряде новых газоплавильных систем на газоотводящем тракте технологических газов после кулера-газоохладителя установлены и эксплуатируются бустерные дымососы с частотным регулированием в зависимости от режима плавки. Бустерные дымососы рассчитаны на температуру газов до 300 °С и снабжены броневой защитой в связи с высокой запыленностью технологических печных газов. Такое техническое решение призвано обеспечивать эффективное регулирование отбора печных технологических газов с соответствующей экономией электроэнергии и уменьшение необходимого напора и мощности основных дымососов.

14. Система газоудаления современной ДСП предусматривает подключение к основному газоотводящему тракту и основной газоочистке всех источников пылегазовыделений в электросталеплавильном цехе (ЭСЦ), включая печи-ковши внепечной обработки стали, аспирационную систему трактов подачи добавок, стенды ломки футеровки, стенды сушки и подогрева ковшей и другие источники пылегазовыделений. Такое решение исключает необходимость строительства и эксплуатации большого количества мелких пылегазоулавливающих установок.

15. Особый интерес с экологической точки зрения представляет новая электросталеплавильная технология «Констил», предусматривающая конвейерную загрузку металлолома в ванну печи через отверстие в своде и исключение таких интенсивных пылегазовыделяющих периодов плавки, как завалки и подвалки скрапа. Первая в СНГ установка ДСП-120 «Констил» в настоящее время сооружается на Ашинском метзаводе.

16. Для определения необходимых объемов газоудаления от крышных зонтов во все периоды плавки и оптимальных конструкций крышных зонтов иносфирмы выполняют динамическое моделирование.

Рис. 1–4 иллюстрируют описанные выше схемы и конструкции систем газоудаления и газоочистки ДСП.

Ниже приведены основные параметры газов систем газоудаления некоторых интенсивных крупнотоннажных ДСП.

А. ДСП-120 «Ultimate» производительностью стали 1,8 млн т в год

Параметры газов при плавлении:

– после камеры дожигания,	275000 нм ³ /час
водоохлаждаемого газохода	при температуре 290 °С
и газозоохлаждающего	
– от крышного зонта	740000 нм ³ /час
	при температуре 50 °С

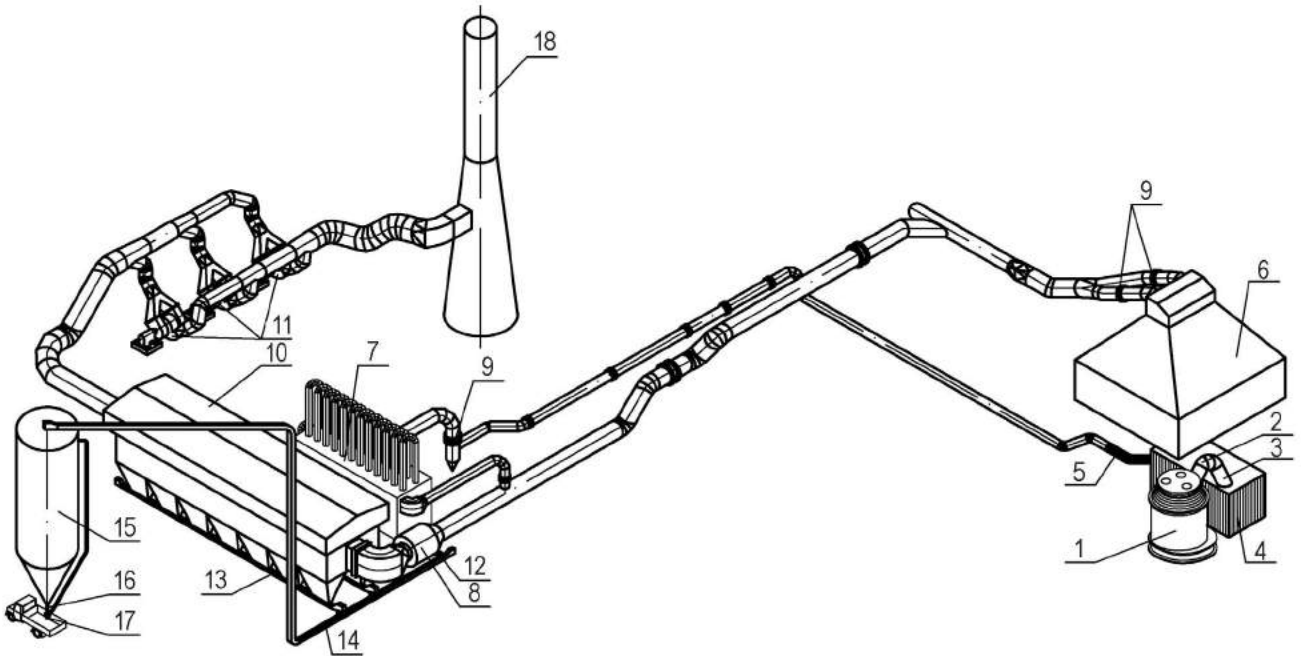


Рисунок 1 – Аксонометрическая схема системы газоудаления и газоочистки современной интенсивной электропечи ДСП-120:

- 1 – электропечь ДСП-120; 2 – газоприемный подвижной патрубок; 3 – камера дожигания; 4 – пылеосадительная камера; 5 – водоохлаждаемый газоход; 6 – крышный зонт; 7 – змеевиковый газоохладитель; 8 – циклонный искроуловитель-смеситель; 9 – клапаны; 10 – двухкамерный рукавный фильтр; 11 – дымососы; 12 – конвейеры; 13 – герметичный скребковый конвейер; 14 – горизонтально-вертикальный цепной конвейер; 15 – сборный бункер пыли; 16 – шлюзовый питатель; 17 – пылевыгрузное устройство; 18 – дымовая труба

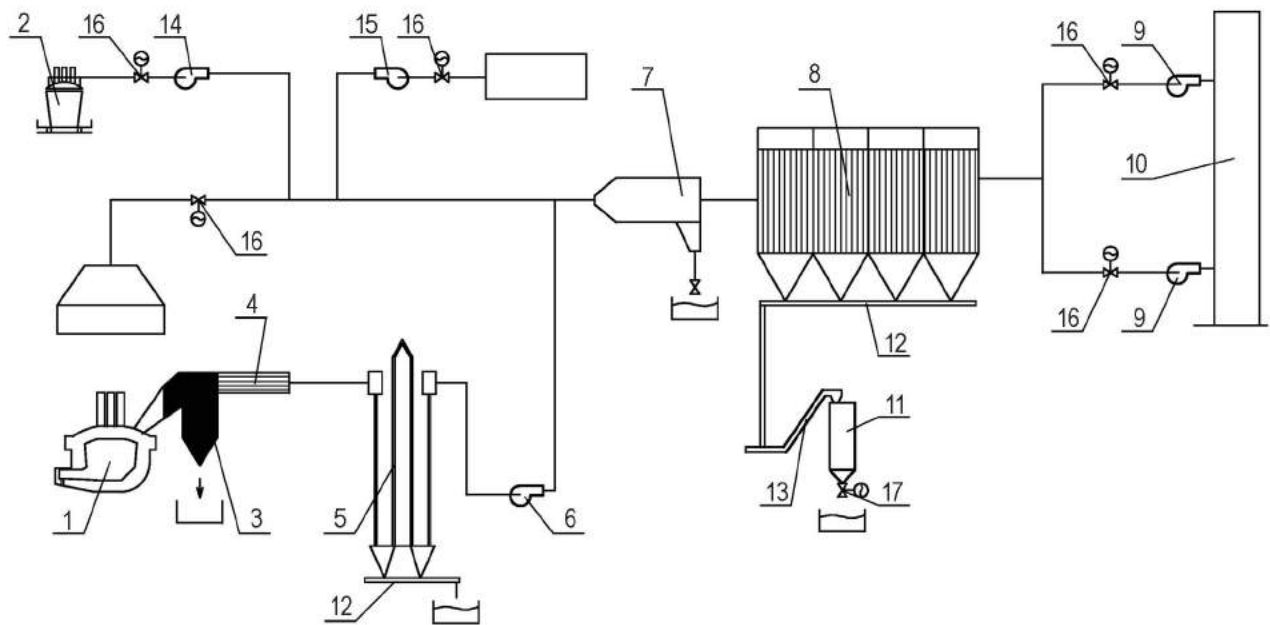


Рисунок 2 – Принципиальная схема системы газоудаления и газоочистки интенсивной электропечи ДСП-50:

- 1 – электропечь ДСП-50; 2 – печь-ковш; 3 – камера дожигания; 4 – водоохлаждаемый газоход диаметром 2000 мм; 5 – змеевиковый газоохладитель естественного охлаждения; 6 – бустерный дымосос печных технологических газов; 7 – циклонный искроуловитель-газосмеситель; 8 – рукавный фильтр; 9 – основные дымососы; 10 – дымовая труба; 11 – сборный бункер пыли; 12 – скребковый конвейер; 13 – крутонаклонный конвейер; 14 – бустерный дымосос системы газоудаления печи-ковша; 15 – бустерный дымосос аспирационной системы тракта подачи добавок; 16 – клапаны; 17 – шлюзовый питатель

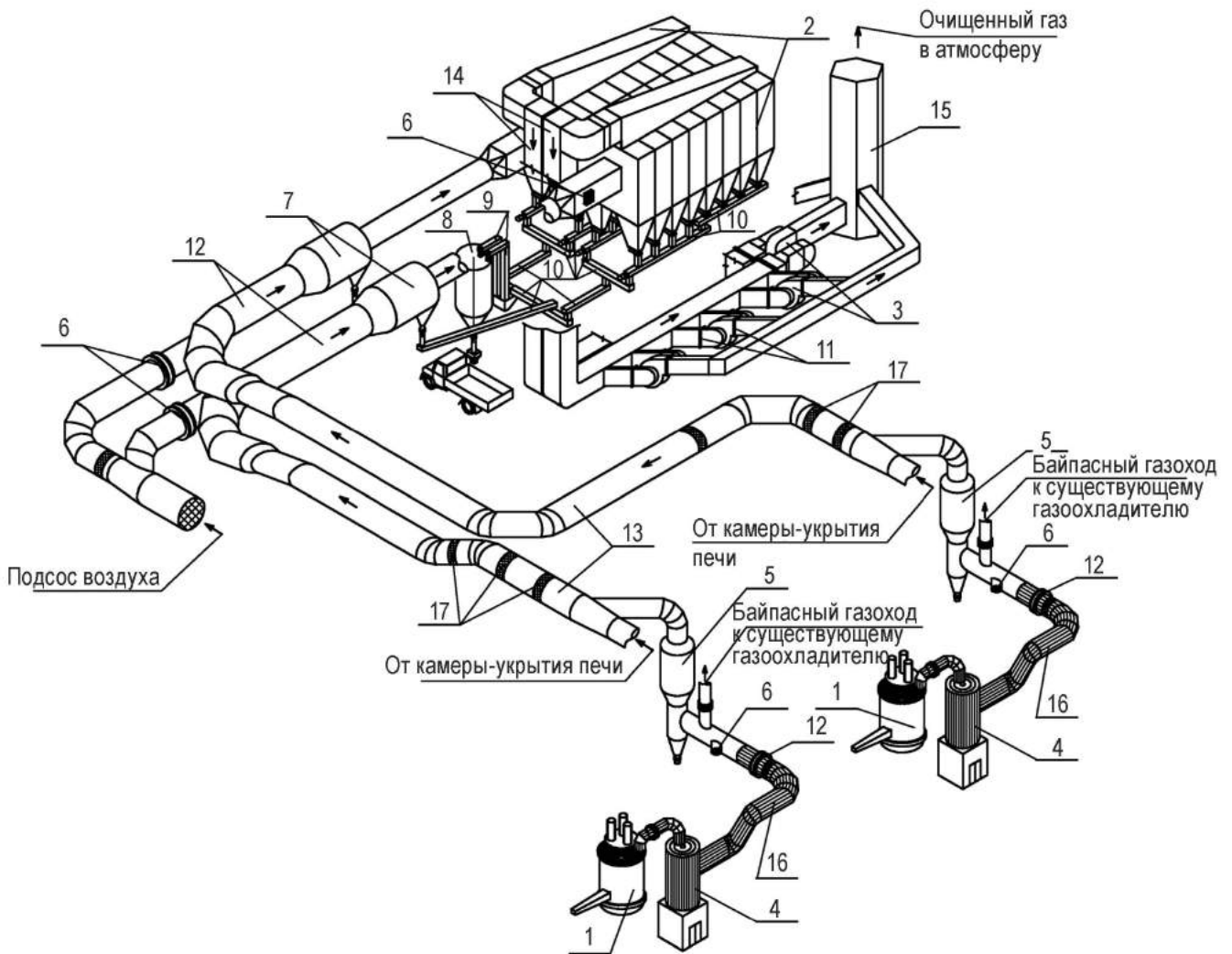


Рисунок 3 – Схема реконструируемых систем газоочисток электродуговых печей ДСП-150:

1 – электродуговая печь; 2 – рукавный фильтр; 3 – дымосос; 4 – водоохлаждаемая пылесадительная камера; 5 – спреерная камера с водораспылительным охлаждением технологических газов; 6 – подсосный клапан; 7 – циклон; 8 – сборный бункер пыли; 9 – ковшовый подъемник; 10 – конвейеры; 11 – отключающий клапан; 12 – регулирующий клапан; 13 – газоходы грязного газа; 14 – газоходы чистого газа; 15 – дымовая труба; 16 – водоохлаждаемый газоход; 17 – компенсаторы

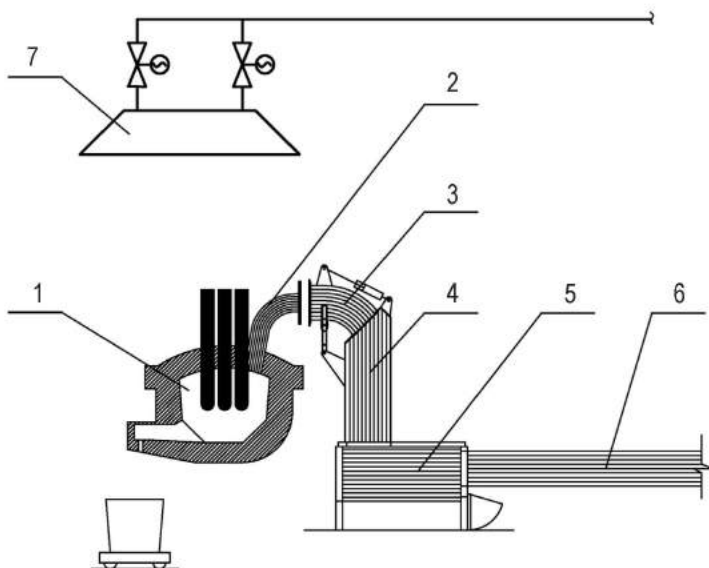


Рисунок 4 – Газоотводящие устройства электродуговых печей ДСП-120:

1 – электродуговая печь ДСП-120; 2 – сводчатый патрубок; 3 – газоприемный подвижной патрубок; 4 – камера дожигания; 5 – пылесадительная камера; 6 – водоохлаждаемый газоход; 7 – крышный зонт

– общее количество газов перед рукавным фильтром с подключаемыми системами пылегазоудаления от других источников пылегазовыделений в ЭСПЦ

Параметры газов при завалке:

– общее количество газов перед рукавным фильтром с подключаемыми источниками пылегазовыделений

Б. ДСП-70

Параметры газов при плавлении:

– на выходе из газоохладителя
– от крышного зонта
– общий расход газов перед рукавным фильтром с подключаемыми источниками пылегазовыделений

В. Шахтная 120-тонная электропечь

Параметры газов при плавлении:

– после газовоздушного пластинчатого охладителя
– общий расход газов перед рукавным фильтром, включая подключаемые источники пылегазовыделений

Параметры газов при сливе и завалке:

– общий расход газов с подключаемыми источниками пылегазовыделений

Приведенный анализ разработанных и поставленных ведущими в области электрометаллургии фирмами современных систем газоудаления и газоочистки крупнотоннажных электросталеплавильных печей позволяет учесть и использовать описанные технические решения при разработке, проектировании и освоении новых систем газоудаления и газоочистки крупнотоннажных ДСП.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кривченко, Ю.С. Современные методы локализации, улавливания и очистки газов высокотоннажных электродуговых печей / Ю.С. Кривченко, В.Г. Литвяк, В.Ф. Бондур и др. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2009. – № 1. – С. 38–41.
2. Бодино, Г. Инновационные технологии очистки газов дуговых сталеплавильных печей / Г. Бодино, П. Дорофеев // *Сталь*. – 2009. – № 11. – С. 106–107.
3. Материалы X конгресса сталеплавильщиков // *Сталь*. – 2009. – № 1. – С. 33–35.

Поступила в редакцию 15.04.2010

Значне збільшення потужності та інтенсивності роботи сучасних дугових сталеплавильних печей (ДСП) обумовило застосування нових систем газовидалення та газоочистки, нових газовідвідних та пиловловлюючих пристроїв. Виконані огляд та аналіз сучасних систем, які поставляються провідними у галузі електрометалургії компаніями, надають змогу врахувати та використовувати нові технічні рішення при розробці, проектуванні та освоєнні систем газовидалення та газоочистки крупнотоннажних ДСП.

Significant increase in power and intensity of up-to-date arc steelmaking furnaces (EAF) requires new systems of gas recovery and purification, new gas-outlet ducts and dust collectors. Review and analysis of present-day systems, supplied by the leading companies in the field of electro-metallurgy, enables taking into account and using the new technological solutions during engineering and mastering the systems of gas recovery and purification of large-tonnage EAF.