

УДК 628.17:669.15-198**В.И. ЛОБАНОВ**, главный инженер проекта,**Л.Н. КУЗНЕЦОВА**, заместитель директора структурного подразделения,**С.И. ЭПШТЕЙН**, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник,**З.С. МУЗЫКИНА**, канд. техн. наук, ученый секретарь, **И.В. НЕСТЕРЕНКО**, младший научный сотрудник

Украинский государственный научно-технический центр «Энергосталь» (УкрГНТЦ «Энергосталь»), г. Харьков

ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ НА ФЕРРОСПЛАВНЫХ ЗАВОДАХ

Рассмотрены особенности водоснабжения и водоотведения ферросплавных заводов, представлена качественная характеристика сточных вод ферросплавного производства.

Ключевые слова: ферросплавы, системы оборотного водоснабжения, сточные воды, газоочистки, разливные машины, ферросплавные заводы.

Выплавка ферросплавов производится в рудовосстановительных и рафинировочных электропечах, имеющих водоохлаждаемые элементы, главным образом – свод и токопроводы, нагреваемые отходящими газами реакционной зоны. Расходы воды на охлаждение данных элементов составляют основную часть общего водопотребления ферросплавного производства. Значительная доля водопотребления приходится также на мокрые газоочистки закрытых ферросплавных печей. Кроме того, потребителями воды в ферросплавном производстве являются установки по очистке воздуха, узлы шихтоподдачи и шихтоподготовки, установки для грануляции металла, камеры вакуумирования, разливные машины и др.

Дальнейшее совершенствование технологий и создание мощных ферросплавных печей ведет к увеличению числа водопотребителей и общих расходов воды, но при этом снижаются удельные расходы воды на одну тонну выпускаемых ферросплавов.

Водоснабжение потребителей условно чистой воды организуется по оборотной схеме. Объединение ряда таких систем оборотного водоснабжения производится в зависимости от требований, предъявляемых к качеству воды отдельными потребителями, а также от их размещения на территории предприятия.

Для потребителей, не загрязняющих воду в процессе использования, предусматриваются оборотные системы условно чистой воды, потери воды в которых составляют примерно 2 % от расхода циркуляционной воды, причем потери на испарение – около 1,5 %. Восполнение потерь в системе осуществляется свежей производственной водой из водоема. Кроме того, при необходимости, свежая вода, температура которой ниже температуры оборотной, подается также на охлаждение трансформаторов для повышения коэффициента полезного действия.

После охлаждения трансформаторов вода повторно используется для подпитки оборотных циклов.

Для предотвращения образования низкотемпературной накипи либо коррозии водоохлаждаемых элементов и коммуникаций системы водоснабжения свежую воду, подаваемую на подпитку системы, подвергают стабилизационной обработке, необходимость которой устанавливается расчетным путем.

В состав сооружений оборотной системы условно чистой воды входят: циркуляционная насосная станция, охладитель, установка по стабилизационной обработке воды (при необходимости), сети. В отдельных случаях при наличии конструктивных недостатков охлаждаемых элементов, в результате которых возможно явление местного кипения, предусматриваются оборотные системы, подпитываемые умягченной или частично обессоленной водой. При этом охлаждение воды производится в теплообменных аппаратах.

Для потребителей (газоочистки плавильных печей и вспомогательных цехов, системы очистки воздуха, гидроуборка и гидротранспорт, разливные машины), загрязняющих воду в процессе производства, предусматриваются соответствующие системы оборотного водоснабжения. Потери в таких системах составляют 2–4 % от расхода циркуляционной воды – восполнение производится, в основном, из систем оборотного водоснабжения условно чистых вод.

Химический состав загрязненных сточных вод весьма разнообразен и определяется видом получаемого сплава и технологическим процессом плавки. В зависимости от химсостава воды выбирается и метод ее очистки.

Сточные воды газоочисток печей для выплавки силикомарганца (табл. 1) характеризуются высоким соле-



содержанием, значительной карбонатной и бикарбонатной щелочностью, что приводит к нестабильности воды на всех участках системы оборотного водоснабжения. В процессе очистки газа в воду поступают кальций и марганец. Образующиеся в результате нарушения углекислотного равновесия в воде малорастворимые карбонаты кальция и марганца не успевают выпасть в очистных сооружениях и являются причиной плотных солевых отложений в напорных и самотечных коммуникациях, запорной арматуре, насосах и аппаратах газоочистки.

Состав сточных вод газоочисток печей для выплавки ферросилиция определяется такими компонентами газа, как сернистый ангидрид, сероводород, углекислый газ, а также процессами аэрации воды в охладителях и отстойниках. Указанные стоки характеризуются кислой реакцией и агрессивны по отношению к металлу (табл. 2).

Кислые сточные воды подвергаются нейтрализации одним из щелочных реагентов. В отдельных случаях для

кислых и щелочных стоков создаются объединенные системы водоснабжения.

Для стабилизации сточных вод газоочисток печей, выплавляющих силикомарганец и ферромарганец, рекомендуется метод реагентной обработки оборотной воды известью в слое взвешенного осадка. В результате такой обработки помимо стабилизации достигается также осветление воды до уровня предъявляемых требований.

Химический состав воды в системе оборотного водоснабжения газоочисток печей для выплавки ферромарганца представлен в табл. 3, безуглеродистого феррохрома – в табл. 4, передельного феррохрома – в табл. 5, разливных машин – в табл. 6.

Для предотвращения образования плотных солевых отложений в оборотную воду рекомендуется вводить также триполифосфат или гексаметафосфат натрия дозой 3–5 мг/л в пересчете на P_2O_5 .

Таблица 1 – Химический состав воды в системе оборотного водоснабжения газоочисток печей для выплавки силикомарганца

Наименование показателя	Единица измерения	До очистки	После очистки	Метод очистки
Температура	°С	35–40	27–32	Осветление в радиальных отстойниках. Для интенсификации процесса осветления применяются коагулянты и флокулянты, например, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ и ПАА
Взвешенные вещества	мг/л	800–2000	200–300	
pH	–	8,4–8,9	8,4–8,7	
Жесткость общая	мг-экв/л	3,8–4,5	3,8–4,5	
Щелочность общая	–»–	120–250	120–250	
Ca^{++} (кальций)	мг/л	8–10	2–8	
Mg^{++} (магний)	–»–	40–49	40–49	
Cl^- (хлориды)	–»–	900–1500	700–1300	
SO_4^{--} (сульфат)	–»–	3000–3200	3000–3200	
CN^- (цианиды)	–»–	11–25	6–7	
CNS^- (роданиды)	–»–	500–700	500–700	

Таблица 2 – Химический состав воды в системе оборотного водоснабжения газоочисток печей для выплавки ферросилиция

Наименование показателя	Единица измерения	До очистки	После очистки	Метод очистки
Температура	°С	33–35	28–30	Нейтрализация известковым молоком. Осветление в радиальных отстойниках. Для интенсификации процесса осветления применяются коагулянты и флокулянты, например, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ и ПАА
Взвешенные вещества	мг/л	2000	450	
pH	–	7,8	8,25	
Жесткость общая	мг-экв/л	24,8	35,2	
Щелочность общая	–»–	3,6	2,65	
Общее солесодержание (сухой остаток)	мг/л	9967	9862	
Ca^{++} (кальций)	–»–	661	665	
Mg^{++} (магний)	–»–	29,1	26,7	
Cl^- (хлориды)	–»–	990	980	
SO_4^{--} (сульфаты)	–»–	1200–1300	1200–1300	
CN^- (цианиды)	–»–	5,0–7,0	1–3,0	
CNS^- (роданиды)	–»–	400–600	500–700	

Таблица 3 – Химический состав воды в системе оборотного водоснабжения газоочисток печей для выплавки ферромарганца

Наименование показателя	Единица измерения	До очистки	После очистки	Метод очистки
Температура	°С	35–40	27–32	Осветление в радиальных отстойниках. Для интенсификации процесса осветления применяются коагулянты и флокулянты, например, FeSO ₄ ·7H ₂ O и ПАА
Взвешенные вещества	мг/л	1000–2500	200–300	
pH	–	8,9–9,3	9–9,5	
Жесткость общая	мг-экв/л	5–6	5–6	
Щелочность общая	–»–	до 2000	2000	
Ca ⁺⁺ (кальций)	мг/л	следы	следы	
Mg ⁺⁺ (магний)	–»–	60–70	60–70	
Cl ⁻ (хлориды)/	–»–	2000–2500	2000	
SO ₄ ⁻⁻ /сульфаты/	–»–	3000–3200	3000–3200	

Таблица 4 – Химический состав воды в системе оборотного водоснабжения газоочисток печей для выплавки безуглеродистого феррохрома

Наименование показателя	Единица измерения	До очистки	После очистки	Метод очистки
Температура	°С	30	5–20	Осветление сточных вод производится в объединенном шламонакопителе
Взвешенные вещества	мг/л	600	150–180	
pH	–	10,6	9,4	
Жесткость общая	мг-экв/л	3,25	4,1	
Щелочность общая	–»–	2,4	6,9	
Ca ⁺⁺ (кальций)	мг/л	40	42	
Mg ⁺⁺ (магний)	–»–	15,2	24,4	
Cl ⁻ (хлориды)	–»–	120	100	
SO ₄ ⁻⁻ (сульфаты)	–»–	96	160	
Fe (общее)	–»–	1,25	16	
C ₂ ⁶⁺ (хром шестивалентный)	–»–	11–17	отсутствует	

Таблица 5 – Химический состав воды в системе оборотного водоснабжения газоочисток печей для выплавки передельного феррохрома

Наименование показателя	Единица измерения	До очистки	После очистки	Метод очистки
Температура	°С	34–38	27–32	Осветление производится на радиальных отстойниках; охлаждение в летнее время года – на градирне с использованием оросителя брызгального типа. Предусматривается обезвреживание токсичных цианидов, адсорбированных на шламе, с помощью термического разложения
Взвешенные вещества	мг/л	450–650	165–270	
pH	–	8,6–9	8,6–9	
Жесткость общая	мг-экв/л	40–57	38–53	
Щелочность общая	–»–	225	218	
Ca ⁺⁺ (кальций)	мг/л	14	12	
Mg ⁺⁺ (магний)	–»–	474–522	452–509	
Cl ⁻ (хлориды)	–»–	989–1125	927–1096	
SO ₄ ⁻⁻ (сульфаты)	–»–	256–267	248–160	
CN ⁻ (цианиды)	–»–	400–700	150–70	

Таблица 6 – Химический состав воды в системе оборотного водоснабжения разливочных машин

Наименование показателя	Единица измерения	До очистки	После очистки	Метод очистки
Температура	°С	20–35	15–25	Осветление производится в горизонтальных отстойниках
Взвешенные вещества	мг/л	200–300	45–60	
pH	–	12	12	
Жесткость общая	мг-экв/л	33,6	33	
Щелочность общая	–»–	33–34	33–34	
Общее солесодержание (сухой остаток)	мг/л	3000–3500	3000–3500	
Ca ⁺⁺ (кальций)	–»–	661,2	660	
Mg ⁺⁺ (магний)	–»–	следы	следы	
Cl ⁻ (хлориды)	–»–	146	146	
SO ₄ ⁻⁻ (сульфаты)	–»–	66,7	70	



В последнее время для предотвращения карбонатных отложений широко применяются ингибиторы на основе фосфоновых кислот «Налко 43–63» или реагенты типа «Purotech».

Сточные воды, содержащие шестивалентный хром, обезвреживаются методом восстановления Cr^{6+} до Cr^{3+} железным купоросом в щелочной среде с осаждением хрома в виде гидрата окиси. Обе реакции протекают одновременно при $\text{pH} = 8,5-9,2$.

Для обезвреживания сточных вод, содержащих токсичные цианиды, применяется метод отдувки летучей синильной кислоты с утилизацией отдуваемого воздуха в топках печей различного назначения, размещенных на территории предприятия, а также метод связывания железным купоросом токсичных цианидов в комплексные нетоксичные соединения. Шлам указанных сточных вод подвергается термическому обезвреживанию в обжиговой печи при температуре $650-800$ °С. При этом достаточно велики расходы воды для очистки газа и воздуха, а следовательно, и количество сточных вод. Так, например, на газоочистку одной печи РПЗ-48, выплавляющей силикомарганец, расходуется примерно $250 \text{ м}^3/\text{час}$ воды, на вентустановки – $180 \text{ м}^3/\text{час}$. Для очистки указанных стоков обязательным условием является использование систем оборотного водоснабжения, а выбор метода их обработки зависит от качественного и количественного состава стоков, требований технологического процесса и нормативных документов по охране окружающей среды.

В состав сооружений грязного оборотного цикла водоснабжения входят: циркуляционная насосная станция, цеховые насосные станции перекачки, сооружения для осветления воды, охладители (при необходимости), установки по обезвреживанию и обработке сточных вод, установки по обезвоживанию шлама.

Состав сооружений для очистки воды зависит от специфики производства и, следовательно, от состава стоков, подвергаемых обезвреживанию.

В тех районах, где позволяют местные условия, при соответствующем обосновании предусматривает-

ся устройство шламонакопителей. Шламонакопители в системах водоснабжения газоочисток ферросплавных печей имеются на Никопольском, Стахановском, Ермаковском, Ключевском, Кузнецком ферросплавных заводах, а также на ОАО «Челябинский электрометаллургический комбинат», ОАО «Тулачермет».

В случае устройства шламонакопителей значительно упрощается схема водоснабжения, исключаются сооружения по осветлению и охлаждению сточных вод и установки по обезвреживанию шлама, а также обеспечивается наиболее надежная эксплуатация системы. Конечно, с течением времени объем шламонакопителей уменьшается (за счет складированного шлама) и возникает необходимость наращивать их или строить новые. Однако, за время пребывания в шламонакопителе вода приобретает большую стабильность, снижается тенденция к образованию карбонатных отложений или коррозии. Следовательно, шламонакопители играют значительную роль в повышении надежности системы водоснабжения.

На ферросплавных заводах почти везде отсутствует сброс производственных стоков во внешние водоемы. Коэффициент использования воды в системах оборотного водоснабжения превышает 94 % (почти по всем видам ферросплавов). Исключение составляет производство феррованадия, где коэффициент использования воды в обороте составляет 84–92 %. По уровню повторного использования воды ферросплавные заводы занимают одно из первых мест среди предприятий черной металлургии.

ВЫВОДЫ

Приведенные данные могут быть использованы при проектировании и эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения ферросплавных производств для обоснования и выбора систем водоснабжения, методов обработки и очистки сточных вод, образующихся при выплавке различных ферросплавов.

Поступила в редакцию 02.02.2011

Розглянуто особливості водопостачання і водовідведення феросплавних заводів, надано якісну характеристику стічних вод феросплавного виробництва.

Peculiarities related to water supply and water draining at ferroalloy plants are considered, qualitative characteristics of ferroalloy production wastewater is represented.