

основній моделі (7)-(9) рівноважної кінетики масообміну між концентраціями реагенту й осаду, що зовсім не відповідає реальній картині розчинення. Звичайно прийняття цього допущення дозволяє істотно спростити рішення систем рівнянь (7)-(9), вирішувати їх незалежно одне від одного. В реальних умовах механізм розчинення буде описуватися неврівноваженою кінетикою масообміну. В цьому випадку система рівнянь буде зв'язаною і необхідно вирішувати їх спільно.

Деякі наведені апробації приведених залежностей по визначенню параметрів регенерації не дають можливості одержати їхню змістовну оцінку, тому що необхідні вихідні параметри також визначалися на основі цих досліджень, і тому інтегрально враховували вплив різних факторів і суттєві недоліки, допущені при реалізації запропонованих моделей. У зв'язку з викладеним, подальше удосконалення моделей і методів розрахунку хімічної реакції присвердловинної зони повинно здійснюватися і враховувати комплексний вплив зазначених факторів, фізико-хімічних і гідродинамічних особливостей протікання цих процесів у різних умовах і на їх базі створення більш надійних інженерних методів розрахунків хімічної регенерації фільтрів, закольматованих сполуками заліза.

1.Гаврилко В.М., Алексеев В.С. Фильтры буровых скважин. – М.: Недра, 1985. – 334 с.

2.Тугай А.М., Орлов В.О., Шадура В.О. Буріння свердловин для водопостачання. – Рівне: РДТУ, 2000. – 429 с.

3.Алексеев В.С., Коммунар Г.М. Исследование форм железистого кольматанта в прифилтровых зонах и на фильтрах водозаборных дренажных скважин // Инженерная гидрогеология: Тр. ВНИИ ВОДГЕО. Вып.52. – М., 1976. – С.10-12.

4.Алексеев В.С., Коммунар Г.М., Гребенников В.Т. Кинетика растворения кольматанта в прифилтровых зонах скважин // Инженерная гидрогеология: Тр. ВНИИ ВОДГЕО. Вып.52. – М., 1976. – С.15-18.

*Отримано 28.12.2009*

УДК 628.16

В.А.АНДРОНОВ, д-р техн. наук

*Университет гражданской защиты Украины, г.Харьков*

Ю.М.ДАНЧЕНКО, канд. техн. наук

*Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры*

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТОЧНЫХ ВОД ГАЗООЧИСТОК СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЗАМКНУТЫХ СИСТЕМ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

Рассматриваются вопросы реагентной обработки сточных вод для дальнейшего ее использования в замкнутых системах оборотного водоснабжения. Проведены исследо-

вания химического состава сточных вод конверторных цехов, электросталеплавильных и мартеновских печей. Установлены эффективные концентрации реагентов для обработки сточных вод.

Розглядаються питання реагентної обробки стічних вод для подальшого використання в замкнених системах оборотного водопостачання. Проведено дослідження хімічного складу стічних вод конверторних цехів, електросталеплавильних та мартеновських печей. Встановлені ефективні концентрації реагентів для обробки стічних вод.

Questions of processing by reagents of sewage for its further use in water recycling loop systems are considered. Examinations of chemical composition of sewage converting shops, electrosteel-smelting and martin furnaces are conducted. Efficiency concentrations of treating chemicals of sewage are erected.

*Ключевые слова:* сточные воды, нейтрализация, обезвреживание, солевые отложения, коррозионный износ, оборотное водоснабжение.

Сточные воды газоочисток кислородно-конверторных цехов, мартеновских печей, работающих с интенсивной продувкой ванн кислородом, электросталеплавильных печей относились до проведения настоящей работы к недостаточно изученным разновидностям сточных вод предприятий черной металлургии. Основной отличительной особенностью этих видов сточных вод является крайне неравномерный состав загрязнений в течение одного технологического цикла (плавки) [1-3].

*Конверторные цехи.* В объеме настоящей работы выполнены исследования химического состава сточных вод и оборотных вод газоочисток большинства действующих конверторных цехов (таблица).

На основании обобщения полученных данных, характеризующих состав и физико-химические свойства сточных вод газоочисток действующих конверторных цехов, их можно классифицировать следующим образом:

1. Сточные воды со слабощелочной реакцией (щелочность 2-5 моль/м<sup>3</sup>), которая обуславливается присутствием бикарбонатов.

Такая вода характерна для некоторых конверторных цехов, работающих «без дожигания» и с «полным дожиганием» окиси углерода. В системах оборотного водоснабжения газоочисток таких цехов не возникают осложнения, связанные с образованием плотных солевых отложений или коррозионным износом.

2. Сточные воды с гидратной щелочностью выше 5 моль/м<sup>3</sup>.

В системах оборотного водоснабжения при использовании такой воды наблюдаются интенсивные карбонатные отложения.

3. Сточные воды с гидратной щелочностью 2-5 моль/м<sup>3</sup>.

Эта разновидность сточных вод появилась в связи с интенсификацией кислородного дутья на ряде существующих конверторных це-

## Коммунальное хозяйство городов

хов с агрегатами емкостью 100-130 т. В системах водоснабжения газоочисток указанных цехов также наблюдаются карбонатные отложения.

### 4. Сточные воды с кислой реакцией воды.

Характеристика водно-химического режима систем оборотного водоснабжения газоочисток конверторных цехов

Заводы	Величина продувки системы оборотного водоснабжения, %	рН	Химический состав воды									Примечание
			моль/м <sup>3</sup>						г/м <sup>3</sup>			
			щелочность		жесткость	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	сухой остаток		
			ф-ф	общая								
Мариупольский им. Ильича	3-5	8,4-8,6	0,2-0,4	1,6-2,8	13,5	10,0	3,5	1210	1950	4940-5000		
Новолипецкий												
цех №1	100	12	14,8	14,8	8,9	8,9	0	84	166	933	Прямоток	
цех №2	0	9-10	1,5	2,0	4,0	3,0	1,0	2000	1500	500	Полностью замкнутая система водоснабжения	
Енакиевский	5	10	3,5-5,5	4,8-5,8	6,0-7,3	6,0-7,3	0	320-400	510-650	1430-1830		
Криворож-сталь												
цех №2	-	7-8	1,8-3,0	2,6-4,4	2,3-3,1	1,7-3,1	0,6	160-180	40-80	460-640	Оборот через пруд-осветитель	
Западно-Сибирский												
цех №2	6	8-9	1,2-2,0	2,0-2,8	3,8-5,5	3,5-4,0	0,3-1,5	30-50	250-400	520-720		

Снижение щелочности сточных вод по сравнению с исходной составляет 1,6-3,3 моль/м<sup>3</sup>. При работе системы водоснабжения без подщелачивания воды наблюдается коррозионный износ трубопроводов и оборудования. Такие особенности характерны для конверторов, выплавляющих полупродукт с получением ванадиевых шлаков.

Тот или иной характер сточных вод определяется особенностями технологического процесса ведения плавки, условиями подачи сыпучих в конвертор, интенсивностью кислородного дутья и др.

Для объектов с повышенным поступлением извести в сточные воды величина рН превышает 9-10, достигая 12-13, что предоопределя-

ет наличие гидратной составляющей щелочности воды. Это обуславливает образование интенсивных солевых (преимущественно карбонатных) отложений при контакте воды с газами, содержащими диоксид углерода. В этих условиях целесообразность использования индексов Ланжелье и Ризнера для оценки интенсивности отложений вызывает сомнение. Для реального снижения интенсивности отложений необходимо добиться уменьшения выноса извести в сточные воды путем усовершенствования технологии основного производства.

Индексы Ланжелье и Ризнера целесообразно использовать для оценки стабильности воды в системах водяного охлаждения, т.е. в так называемых условно «чистых» оборотных циклах.

Так как известь оказывает существенное влияние на формирование состава сточных вод, образующихся в процессе очистки газа, рассмотрен ряд факторов, от которых в той или иной мере зависит вынос известковой пыли из конвертора: прочность известняка; пористость и микроструктура известняка; режим обжига известняка; условия хранения обожженного продукта; конструкция тракта подачи известняка в конвертор; место загрузки извести в конвертор; дозировка извести в конвертор; интенсивность кислородной продувки.

Таким образом, основной причиной, препятствующей созданию замкнутых систем водоснабжения конверторных газоочисток, является образование плотных солевых отложений в аппаратах газоочисток и трубопроводах.

Полученные закономерности по выносу извести позволяют выбрать метод предотвращения отложений, что создает условия для создания замкнутых систем водоснабжения газоочисток современных конверторных цехов.

*Электросталеплавильные печи.* Установлено, что состав сточных вод газоочисток электропечей, выплавляющих различные марки стали, изменяется в широком диапазоне. Так, на большинстве электропечей наблюдается падение рН воды на величину, колеблющуюся в широком диапазоне от 0,3 до 2,8 единиц.

В то же время при выплавке отдельных разновидностей конструкционных сталей имеет место небольшое подщелачивание воды.

Характерным для всех исследований марок стали является прирост сульфатов, фторидов, кремниевой кислоты и общего содержания. Прирост кислых компонентов нейтрализуется в той или иной степени выносом щелочных (в основном, извести, которая применяется, при выплавке всех марок стали).

Концентрация взвешенных веществ в сточных водах изменяется по ходу плавки, находясь в среднем на уровне 2-3 кг/м<sup>3</sup>. Удельный

расход воды на очистку газа на различных заводах колеблется от 1 до 3 ( $10^{-3} \text{ м}^3$ )/ $\text{м}^3$ .

Изучение осаждения взвешенных веществ сточных вод газоочисток электропечей завода «Днепроспецсталь» показало, что остаточное содержание взвеси 150-200  $\text{г}/\text{м}^3$  достигается через 60 мин. отстаивания и более. Такое длительное время осветления обусловлено присутствием значительного количества мелкодисперсных частиц и, как следствие этого, малой гидравлической крупностью взвеси 0,03-0,05 мм/с.

В условиях оборотного водоснабжения в большинстве случаев будет наблюдаться постепенное падение рН воды, накопление сульфатов, фторидов, кремниевой кислоты, появятся ионы тяжелых металлов. Так, в оборотной воде газоочистки одной из электропечей за два месяца эксплуатации без нейтрализации воды установились следующие показатели: рН – 4,0-4,2, концентрация сульфатов – 400  $\text{г}/\text{м}^3$ , фторидов – 672  $\text{г}/\text{м}^3$ , солесодержание – 2600  $\text{г}/\text{м}^3$ , кислотность – 25 моль/ $\text{м}^3$ .

Наиболее рациональным методом нейтрализации и обезвреживания сточных вод при оборотном водоснабжении является применение известкового молока. Установлено, что доза извести, необходимая для нейтрализации, составляет в среднем 80  $\text{г}/\text{м}^3$  активной СаО.

Применение извести для нейтрализации оборотной воды способствует уменьшению солесодержания вследствие выпадения в осадок труднорастворимых солей, а также уменьшается опасность появления плотных солевых отложений в результате связывания вводимого кальция поступающими в газоочистку фторидами и силикатами. При этом рН среды необходимо поддерживать в пределах 7,7-8,4. При таких величинах рН воды опасность образования карбонатных отложений практически исключается из-за отсутствия гидратной составляющей щелочности. Кроме того, в этих условиях вода имеет определенный щелочной резерв, что благоприятно для последующего ее использования на цели очистки газов, содержащих компоненты подкисляющие воду (характерно для газоочисток электросталеплавильных печей).

Характерной особенностью оборотных вод газоочисток электросталеплавильных печей является наличие б-валентного хрома, который, как известно, играет роль ингибитора солевой коррозии.

Подводя итоги вышеизложенному, необходимо отметить, что сточные воды газоочисток сталеплавильных производств отличаются большим разнообразием. Наиболее характерными химическими загрязнениями являются, с одной стороны, кислые компоненты, сульфаты, фториды, нитриды, с другой, щелочные: в основном, известь. Баланс кислотных и щелочных компонентов наблюдается редко, чаще всего имеется избыток той или иной группы загрязнений, который в

условиях оборотного водоснабжения требует ведения стабилизационной обработки воды.

*Мартеновские печи.* Наряду с кислотными компонентами в воду переходит и некоторое количество щелочных составляющих, содержащихся в пыли, в основном, в виде окиси кальция. Однако количество последней в шламе невелико. Активная реакция воды рН изменяется в течение плавки в широком диапазоне от 2,5 до 7,5. При этом в любой период плавки рН сточных вод меньше рН исходной воды – 8,1-8,4 в усредненных за плавку пробах сточных вод падение величины рН по сравнению с исходной водой как при прямоточном, так и при оборотном водоснабжении составляет 2-3 единицы. При этом снижение щелочности воды при оборотном водоснабжении составляет 1,5-3 моль/м<sup>3</sup>. Значительное падение щелочности воды при очистке газа характерно для всех без исключения заводов, что вызывает необходимость ведения нейтрализации воды.

Кинетика осаждения взвешенных веществ сточных вод газоочисток мартеновских печей свидетельствует о том, что с увеличением концентрации взвеси в исходной воде интенсивность осаждения растет. Так, проба воды, усредненная за период плавки показывает, что за 3 мин. отстаивания выпадает 78% взвеси, за 20 мин. – 95% с  $u_0$  соответственно 1 и 0,15 мм/с. При этом остаточная концентрация механических примесей 150-200 г/м<sup>3</sup> в осветленной воде достигается при  $u_0=0,15$  мм/с. Учитывая необходимость использования для нейтрализации сточных вод газоочисток мартеновских печей щелочных реагентов, с целью интенсификации процесса осветления целесообразно проводить коагулирование известью. В данном случае действие извести как коагулянта основано на том, что ее введение в сточные воды, отличающиеся кислой реакцией, приводит к нейтрализации суспензии и снижению  $\xi$ -потенциала твердой фазы. При этом происходит уменьшение положительного заряда взвешенных веществ. Передозировка реагента может вызвать перезарядку частиц до отрицательного значения  $\xi$ -потенциала, что может повлечь стабилизацию суспензии с ухудшением осветления. Наиболее приемлемой дозой извести для нейтрализации и коагуляции взвеси сточных вод газоочисток мартеновских печей следует считать 50-75 г/м<sup>3</sup>. При этом рН обработанной воды не превышает 8,2-8,3.

Известно, что агрегаты частиц, образованные при электролитной коагуляции, не имеют большой прочности и обладают рыхлой структурой. Добавление флокулянта, в частности, полиакриламида (ПАА), может уплотнять их, в связи, с чем увеличивается скорость их слипа-

ния. В результате, применение полиакриламида позволяет получать наименьший седиментационный объем, т.е. более плотные продукты сгущения. Полиакриламид является наиболее универсальным флокулянт, который получил большое распространение в практике очистки сточных вод. Он оказывает эффективное действие в широких интервалах рН, концентраций растворенных солей и содержания твердой фазы в суспензиях. Нами установлено, что эффективной дозой ПАА является  $1,0 \text{ г/м}^3$  [4].

Из вышеизложенного следует, что для создания замкнутых систем оборотного водоснабжения отдельных производств и промышленных предприятий в целом (включая газоочистки промышленных агрегатов, травильные и гальванические отделения и др.) необходимо применение стабилизационной обработки воды с целью предотвращения плотных солевых (преимущественно карбонатных и гипсовых) отложений и коррозионного износа металлов и других материалов [5].

1. Кузнецова Л.Н. Прогноз возможности объединения систем оборотного водоснабжения газоочисток различных технологических агрегатов // Науковий вісник будівництва. Вип.29. – Харків: ХДТУБА ХОТВАБУ, 2004. – С.130-133.

2. Павлюк С.Н., Процьшин Б.Н., Андроников О.А. Обессоливание растворов металлургических предприятий // Промышленная теплотехника. – 1990. – №2. – С.39-42.

3. Прокопчук А.О. Основные проблемы создания бессточных и безотходных систем водоснабжения предприятий черной металлургии // Материалы регион. науч.-практ. конф. «Проблемы рационального использования и охраны водных ресурсов бассейна нижнего Днепра». – Днепропетровск, 1990. – С.71-73.

4. Пантелят Г.С., Андронов В.А. Создание новых технологий водоподготовки, позволяющих использовать воду в замкнутых системах, исключая сброс сточных вод в водоемы // Науковий вісник будівництва. Вип.10. – Харків: ХДТУБА ХОТВАБУ, 2000. – С.104-107.

5. Андронов В.А. Способы стабилизационной обработки вод в системах водоснабжения промышленных предприятий // Вестник Харьков. гос. политехн. ун-та. Вип.123. – Харьков: ХГПУ, 2000. – С.113-118.

*Получено 04.01.2010*

УДК 621.1

Л.Г.ЗАЙЧЕНКО, канд. техн. наук, Л.В.ГОРШКОВА, А.И.ГАНЗЕЛЬ  
*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, г.Макеевка*

## **АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ДЛЯ ГОРОДОВ ДОНЕЦКОЙ ОБЛАСТИ**

Выполнен расчет и анализ индивидуального технологического норматива использования питьевой воды для городов Донецкой области. Рекомендованы качественно новые подходы по техническому обслуживанию водопроводных сетей.

Виконано розрахунок та аналіз індивідуального технологічного нормативу використання питної води для міст Донецької області. Рекомендовано якісно нові підходи