

МИГРАЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ AISI 316 ПРИ ОБРАБОТКЕ ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Поспелов А.В., Ветохин С.С.

Белорусский государственный технологический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

+375295644375

Для поддержания санитарно-гигиенических норм на предприятиях пищевой промышленности, производят дезинфекцию рабочих поверхностей. В настоящее время, для этих целей используются хлорсодержащие дезинфицирующие агенты (жидкий хлор; гипохлорит кальция и натрия; хлорамин; диоксид хлора).

Однако, хлорсодержащие среды могут оказывать сильное коррозионное воздействие на изделия, изготовленные из металлов и их сплавов. В результате коррозии на поверхности металла могут образовываться, различные дефекты (трещины, питтинги, механические неровности и т.д.) [1]. Это может привести к разрушению материала, миграции из него тяжелых металлов, накоплению микроорганизмов в образованных порах и трещинах.

Для снижения коррозионного воздействия, применяемых хлорсодержащих дезинфицирующих средств необходим поиск новых реагентов, и разработка новых технологий дезинфекции. В качестве альтернативы хлорсодержащим реагентам используется озон, как один из сильнейших дезинфицирующих средств [2–5].

Преимущественно, на предприятиях пищевой промышленности, материалами для изготовления различных емкостей, резервуаров, систем водоснабжения и водоотведения используют нержавеющую сталь марки AISI 316. Для улучшения физико-механических, коррозионных свойств данную сталь легируют Ni, Cr, Mo и т.д. [6]. Известно, что ионы никеля и хрома обладают сильными аллергенными свойствами по отношению к организму человека. В результате коррозии сплава под воздействием дезинфицирующих агентов ионы никеля и хрома могут высвободиться и попадать в воду и пищевые продукты, что является потенциальной угрозой здоровью человека.

Цель работы – изучение миграции тяжелых металлов нержавеющей стали в воду в результате воздействия дезинфицирующих средств.

В качестве дезинфицирующих средств использовались: 2% раствор гипохлорита кальция ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$), 2% раствор хлорамина Б и водный раствор озона. Параметры процесса озонирования воды: концентрация озона в газовой смеси – $2,7 \text{ г/м}^3$; расход газовой смеси – $13,2 \text{ дм}^3/\text{мин}$; производительность по озону – $2,14 \text{ г/ч}$. Объем обрабатываемой воды – 1000 дм^3 . Концентрация озона в воде составляла $3,25 \text{ мг/дм}^3$.

Определение содержания химических элементов в исследуемых растворах проводили при помощи атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно связанной плазмой (Thermo Scientific iCAP 7200 ICP-OES).

Элементный состав стали марки AISI 316 определяли с помощью искрового оптико-эмиссионного спектрометра GNR.ML150 (MiniLab 150). Элементный состав исследуемой стали приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Элементный состав нержавеющей стали марки AISI 316

| Содержание элементов, масс.% | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| C | Mn | Si | P | S | Cr | Mo | Ni | V | Fe |
| 0,018 | 1,531 | 0,484 | 0,051 | 0,022 | 16,15 | 2,093 | 11,27 | 0,011 | ост. |

Исследование проводили на протяжении 30 суток. Пластинки нержавеющей стали марки AISI 316 помещали в воду, в 2% дезинфицирующие растворы гипохлорита кальция ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$), хлорамина Б и водный раствор озона.

В результате исследований было установлено, что под воздействием хлорсодержащих дезинфицирующих растворов легирующие элементы нержавеющей стали марки AISI 316 могут попадать в воду. В растворах гипохлорита кальция происходит наибольшее выщелачивание тяжелых металлов из нержавеющей стали AISI 316. При использовании хлорамина Б при таких же концентрациях активного хлора (2 масс.%) выщелачивание меньше в среднем в 3–4,5 раза. Наиболее активно выщелачивается железо, хром, никель.

Таблица 2 – Результаты определения элементов в воде и дезинфицирующих растворах

| Среда | Содержание элементов, мг/дм ³ | | | | | | |
|---|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Mn | Ni | Cr | Ti | Cu | Fe | Mo |
| Содержания элементов в исходных средах | | | | | | | |
| H ₂ O | 0,001* | 0,001* | 0,001* | 0,001* | 0,001* | 0,05* | 0,001* |
| O ₃ | 0,001* | 0,001* | 0,001* | 0,001* | 0,001* | 0,05* | 0,001* |
| Ca(ClO) ₂ | 0,116 | 0,042 | 0,102 | 0,004 | 0,321 | 2,698 | 0,019 |
| Хлорамин Б | 0,112 | 0,001* | 0,001* | 0,001* | 0,048 | 2,375 | 0,001* |
| Итоговое содержание элементов в средах (30 суток) | | | | | | | |
| H ₂ O | 0,001* | 0,001* | 0,001* | 0,001* | 0,001* | 0,05* | 0,001* |
| O ₃ | 0,001* | 0,001* | 0,001* | 0,001* | 0,001* | 0,05* | 0,001* |
| Ca(ClO) ₂ | 3,254 | 22,050 | 35,612 | 0,230 | 1,091 | 111,80 | 4,192 |
| Хлорамин Б | 1,041 | 5,076 | 8,728 | 0,001* | 0,096 | 39,269 | 0,263 |

Примечание: * – ниже предела обнаружения применяемого метода, мг/дм³.

Использование насыщенного водного раствора озона показало минимальное воздействие на исследуемую сталь. Содержание тяжелых металлов в исходной воде и после обработки водным раствором озона, не превышают пределы обнаружения прибора.

Таким образом, для дезинфекции рабочих поверхностей, с точки зрения воздействия на окружающую среду и здоровье человека, использование водных растворов озона более предпочтительно.

Литература

1. Поспелов, А.В. Коррозия нержавеющей сталей в хлорсодержащих дезинфицирующих растворах / А.В. Поспелов [и др.]. // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2021. – № 2 (125). – С. 63-65
2. Romanovski, V. Comparison of different surface disinfection treatments of drinking water facilities from a corrosion and environmental perspective / V. Romanovski, P.M. Claesson, Y.S. Hedberg // Environmental Science and Pollution Research. – 2020. – V. 27(11). – pp. 12704–12716.
3. Романовский, В.И. Сравнительный анализ коррозионной устойчивости углеродистых сталей к дезинфицирующим растворам электрохимическим методом / В.И. Романовский, В.В. Жилинский, Ю.Н. Бессонова // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2016. – №2(98). – С. 126–129.
4. Романовский, В.И. Технические аспекты использования озона в водоподготовке / В.И. Романовский [и др.]. // Вода magazine. – 2016. – №2(102). – С. 36–41.
5. Романовский, В.И. Сравнительный анализ эффективности дезинфекции сооружений водоснабжения дезинфицирующими растворами / В.И. Романовский, И.В. Рымовская, С. Янь Фэн // Вода magazine. – 2015. – №10(98). – С. 18–21.
6. Romanovski, V. Inappropriate Cleaning Treatments of Stainless Steel AISI 316L Caused a Corrosion Failure of a Liquid Transporter Truck / V. Romanovski, V. Frantskevich, V. Kazlouski, A. Kasach, A. Paspelau, Y. Hedberg, E. Romanovskaia // Engineering Failure Analysis. – 2020. – V. 117. – pp. 104938.