

ны затраты энергии, необходимые для разложения 1 килограмма сероводорода: 35,50 МДж (9,03 кВт·ч) и получения чистого элементарного водорода: 812,57 МДж (225,69 кВт·ч). В дальнейшем планируется усовершенствование данного метода и адаптация его под промышленное использование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hydrogen Sulfide emission sources, regulations and removal techniques: a review / O.A. Habeeb, R. Kanthasamy, G.A. Ali, et al. // Reviews in Chemical Engineering. – 2018. – Vol. 34, I. 6. – P. 837–854

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ СТРУЙНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЕЗАКТИВАЦИИ

П.А. Плаунов, А.В. Зенков

Томский политехнический университет, НОЦ И.Н. Бутакова, ИШЭ, группа А4-44

Научный руководитель: Д.В. Гвоздяков, к.т.н., доцент НОЦ ИШЭ ТПУ

Струйная дезактивация, как одна из ключевых технологий радиационной безопасности, эффективно сочетает физические и химические процессы для минимизации радионуклидных загрязнений.

Цель работы – анализ современных технологий струйной дезактивации, их эффективности, преимуществ, недостатков и применимости в различных условиях.

Струйная дезактивация радиации представляет собой метод очистки поверхностей от радиоактивных загрязнений с использованием струи жидкости, воздуха или другого рабочего тела. Этот процесс основан на механических, химических и физико-химических взаимодействиях, которые способствуют снижению уровня радиоактивных веществ на обрабатываемых поверхностях [1].

Процесс дезактивации состоит из двух стадий [1]:

- *Первая стадия.* Под действием газового (водного) потока происходит отрыв прилипших радиоактивных частиц от загрязнённых поверхностей за счёт аэродинамической и подъёмной сил.

- *Вторая стадия.* Удаление радиоактивных загрязнений, потерявших связь с поверхностью обрабатываемого объекта, и предотвращение возможного вторичного загрязнения.

Существует несколько видов струйной дезактивации [2]:

- *Гидроструйная дезактивация* – это метод удаления радиоактивных загрязнений с поверхностей с использованием сильного напора воды или жидкости с добавлением химических веществ, способствующих растворению или дисперсии радиоактивных загрязнений.

- *Пневматическая дезактивация* – это метод применения струи сжатого воздуха для удаления налипших загрязнений. Данный метод может быть использован для легких загрязнений, однако менее эффективен при наличии застарелых или прочно прикрепленных частиц.

- *Абразивная дезактивация* – это метод, при котором струя абразивного вещества (например, песка или дробленого стекла) используется для механического удаления загрязнений. Эта техника может быть эффективной для удаления упорных загрязнений, но требует осторожности из-за потенциального повреждения обрабатываемой поверхности.

Дезактивация струёй воды под давлением. Использование водяной струи для дезактивации – это доступный и распространенный метод, применяемый для очистки оборудования,

твердых поверхностей и транспортных средств. Эффективность этого способа зависит от параметров струи, объема используемой воды и давления. Для очищения поверхностей различных изделий, учитывая их размеры и тип загрязнений, можно применять гидравлические струи с давлением от 0,05 до 50 МПа. Повышение эффективности очистки может быть достигнуто за счет добавления поверхностно-активных веществ или применения водных растворов технических моющих средств [1, 3, 6].

Преимущества: удовлетворительная степень очистки различных форм поверхностей, увлажнение помогает предотвратить распыление радиоактивных частиц в воздух, простота оборудования и относительно низкие эксплуатационные затраты.

Недостатки: неэффективна для стойких загрязнителей, большое количество радиоактивных отходов.

Дезактивация с использованием пара – разновидность струйной дезактивации, в которой для используют пар в качестве рабочего тела. Струя пара действует на радиоактивные загрязнения подобно воздушной струе. Она эффективно очищает замасленные поверхности и глубинные загрязнения, застрявшие в порах и углублениях. Дезактивация может происходить как в «сухом», так и в «мокром» варианте. В «сухом» варианте применяется перегретый пар, который не конденсируется на более холодных поверхностях, действует аналогично газовой, но пар обладает большей кинетической энергией и первоначальной скоростью. В «мокром» варианте, после взаимодействия струи с поверхностью, образуется жидкая пленка, способствующая удалению радиоактивных материалов [3, 4].

Преимущества: высокая степень очистки стойких загрязнений, меньшее количество отходов по сравнению с дезактивацией струёй воды.

Недостатки: относительно большие материальные и энергетические затраты, сложность эксплуатации.

Криогенный бластинг – разновидность абразивно-струйной дезактивации. Технология аналогична пескоструйной очистке, только вместо песка для очистки поверхности используется сухой лед под давлением. Принцип действия заключается в том, что в струйный пистолет подается сжатый воздух и гранулы сухого льда температурой -78°C . При обработке поверхности сухой лед превращается в газообразную двуокись углерода и, увеличиваясь в объеме в 700 раз, глубоко проникает в загрязнение, «отбивая» его. Криобластинг предназначен для дезактивации радиационно загрязненных металлических поверхностей [2].

Преимущества: сухой лед при сублимации не оставляет никаких остатков, минимальное повреждение поверхности, удаление стойких загрязнений, не наносит вреда окружающей среде.

Недостатки: высокие затраты на сухой лёд и его хранение, низкий коэффициент дезактивации оборудования сложной конфигурации.

Пневмоабразивный способ использует энергетический потенциал твердых абразивных частиц, таких как песок или электрокорунд, которые разгоняются до высоких скоростей (50–100 м/с) с помощью газового потока. Этот метод позволяет эффективно очищать поверхности от практически всех видов загрязнений. Однако мелкие частицы пыли и продукты очистки способствуют загрязнению окружающей среды и рабочей зоны, поэтому применяется замкнутая система подачи абразивных материалов. Также стоит отметить, что пневмоабразивный способ не подходит для очистки жирных поверхностей, так как абразивные частицы с остатками масла могут прилипать к стенкам транспортирующей магистрали, что приводит к ее засорению и повторному загрязнению очищаемых поверхностей [2, 5].

Преимущества: высокая степень очистки, быстрота обработки, возможность использовать на широком спектре поверхностей.

Недостатки: образование пыли, относительно сильное повреждение поверхности, возможность попадания абразивных частиц в технологические полости деталей.

Гидроабразивный способ использует струю, состоящую из воды и абразива. Гидроабразивная обработка обеспечивает хорошую дезактивацию и эффективное удаление ржавчины и краски, причиняя меньший ущерб поверхностям по сравнению с сухим абразивным обдувом. Установки для гидроабразивной очистки, из-за значительного расхода воды, работают в замкнутом цикле использования гидроабразивных материалов, что ограничивает применение этого метода вне рабочего пространства установок. Несмотря на снижение производительности гидроабразивной очистки на 10–20 % по сравнению с пескоструйными методами, это компенсируется уменьшением вредного воздействия на здоровье и значительно меньшим негативным влиянием абразивных частиц на обрабатываемые поверхности деталей [2, 4].

Преимущества: снижение пылеобразования, высокая степень очистки, быстрота обработки.

Недостатки: возможность попадания абразивных частиц в технологические полости деталей.

Дезактивация фреоном представляет собой один из методов струйной очистки, при котором в качестве очищающего агента выступают фреоны. Благодаря своей низкой плотности и поверхностному натяжению, фреон легко проникает в мелкие трещины и щели, эффективно устраняя такие загрязнения, как масла и смазочные жидкости. Он не горюч и химически инертен, что позволяет безопасно дезактивировать различные тонкие компоненты оборудования без риска их повреждения. Большинство радиоактивных загрязнений не растворяются во фреоне, и их удаление происходит путем фильтрации с последующим возвращением фреона в цикл очистки [1].

Преимущества: многократное использование фреона после его фильтрации, возможность дезактивации электрооборудования

Недостатки: сложность утилизации отработанного фреона, разлагается при высоких температурах, высокие затраты на обработку и соблюдение экологических норм.

Струйная дезактивация представляет собой универсальный подход, обладающий высокой эффективностью в борьбе с радиационными загрязнениями. Современные технологии, такие как гидроструйная, пневматическая, абразивная и другие методы, позволяют с успехом очищать различные поверхности. Тем не менее, каждой технологии присущи свои преимущества и недостатки, и выбор метода дезактивации должен основываться на специфике задачи. Перспективы совершенствования струйной дезактивации заключаются в разработке новых материалов и технологий, которые могут повысить эффективность и надежность данного процесса, минимизируя при этом негативное воздействие на окружающую среду и здоровье людей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гавриш В.М., Дербасова Н.М. Основы технологии дезактивации. – Севастополь: СевГУ, 2017. – 316 с
2. Зимон А.Д., Пикалов В.К. Дезактивация. – М.: Изд-во АТ, 1994. – 336 с.
3. Ампелогова Н.И. и др. Дезактивация в ядерной энергетике. – М.: Энергоиздат, 1982. – 256 с.
4. Жидкостная дезактивация узлов оборудования в растворах с комплексообразователями с электрохимической и комбинированной интенсификацией процесса / И.В. Кузнецов, М.Ю. Каленова, О.Н. Будин [и др.] // Радиохимия. – 2022. – Т. 64, № 1. – С. 45–52.
5. Кулагина Т.А., Шеленкова В.В. Способы дезактивации поверхностей с радиоактивным загрязнением // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. – 2017. – Т. 10, № 3. – С. 352–363.
6. Балабан-Ирменин Ю.В. Опыт дезактивации оборудования АЭС с реакторами ВВЭР-440 // Атомные электрические станции. – 1981. – № 4.