

**ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА КОКСА НА ПРОЦЕСС  
МИКРОДУГОВОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

© Трегубов Д.Г. (УХИН)

*В статье представлены данные исследований процесса микродуговой очистки сточных вод коксохимического производства. Обоснован выбор кокса и метода оценки его качества как материала для объемного электрода. Показано влияние качества кокса на эффективность удаления роданидов из сточных вод и приведены качественные характеристики кокса, позволяющие достичь наилучших показателей очистки.*

*The paper presents the results of investigation of microarc treatment of waste waters in coking industry. The choice of coke is validated as a material for electrodes. The influence of coke quality on removal efficiency of rhodanides from waste waters is shown and quality indices of coke are given enabling the best treatment level.*

Очистка сточных вод с использованием микродугового разряда [1] - это многофакторный процесс, в котором важную роль играют как технологические и электрические характеристики системы, так и свойства электродов и обрабатываемой воды. В комплексе с геометрией рабочей ячейки эти факторы существенно влияют на величину подводимой электрической мощности и конечный результат обработки воды.

При рассмотрении способа организации микродугового разряда оказывается, что импульсная форма напряжения позволяет осуществлять этот процесс с наиболее низкими затратами энергии. Удельная электрическая мощность, соответствующая возникновению микродугового разряда в водной среде, в этом случае составляет 1,6 Вт/см<sup>3</sup> по сравнению с 15,1 и 18 Вт/см<sup>3</sup> соответственно для источников переменного и постоянного тока [2]. Снижение энергоемкости образования микродуг обусловлено высокими напряжением (до 1 кВ) и мощностью (до 1 МВт) в импульсе, что приводит к повышению плотности распределения линий тока и более быстрому пробое переходных сопротивлений в засыпи объемного электрода.

Соотношение электрических сопротивлений в системе объемный электрод – микродуга - сточная вода также регулирует энергоемкость образования микродуг. Для нормального технологического режима необходимо, чтобы удельное электросопротивление (УЭС) объемного электрода было много меньше УЭС сточной воды. Кроме этого, доля электросопротивления объемного электрода в системе объемный электрод - микродуга должна быть максимально снижена для уменьшения непроизводительного тепловыделения. Поэтому возникает необходимость рационального подбора материала для объемного электрода. Материал для этой цели должен обладать износоустойчивостью,

термохимической стойкостью, низким УЭС, а также быть доступным и недорогим.

Практически трудно подобрать материал, полностью соответствующий всем вышеуказанным требованиям. Как показали проведенные эксперименты, объемный электрод из стальных шариков имеет склонность к спаиванию отдельных частиц, что нарушает технологический режим и создает опасность короткого замыкания. В процессе очистки возможно также растворение металла электродов электрохимическим путем и эрозия электродов под воздействием агрессивной среды сточной воды и плазмы электроразрядов (высокие давления - десятки МПа и температуры - 10<sup>4</sup> - 2·10<sup>4</sup> °С). В результате этих процессов в очищаемую воду вносится дополнительное загрязнение. Большинство из указанных недостатков характерны при микродуговой обработке и с применением других металлов. Таким образом, несмотря на низкую величину УЭС, металл как материал для подвижного электрода не удовлетворяет большинству технологических требований. Опыт показывает, что более целесообразно применение твердых высокоуглеродных материалов.

В литературе [3] описаны микродуговые реакторы для пиролиза жидких углеводородов с объемным электродом, выполненным насыпью графитовых шариков. Графит обладает достаточной химической стойкостью в среде сточной воды и электропроводностью. Использование графита ограничивается относительной дороговизной этого материала и необходимостью замены электродов вследствие их разрушения под действием микродуговых разрядов. Однако ряд положительных свойств углеродистых веществ заставляют вести поиск более дешевого материала на основе углерода. Для организации процесса очистки сточных вод в коксохимическом производстве с

помощью микродугового разряда в качестве объемного электрода перспективно применение кокса мелких классов (<10 мм). Кокс по электропроводности незначительно уступает графиту, а по износостойкости конкурирует с ним.

Поскольку качество кокса колеблется в широких пределах, необходима оценка его свойств и выбор метода, позволяющего наиболее адекватно сопоставлять свойства кокса с технологическими требованиями процесса очистки сточных вод. Из известных на сегодняшний день методов оценки качества кокса наиболее полно позволяет это сделать метод, разработанный в УХИНе [4]. Сущность метода заключается в испытании пробы кокса массой 200 г и крупностью 6 – 10 мм в перфорированном вращающемся барабане при заданной температуре. Поддержание температуры осуществляется путем прямого электронагрева пробы током промышленной частоты. Аппарат предусматривает возможность проведения реакции в среде CO<sub>2</sub> или воздуха соответственно при 1050 и 600 °С. При оценке качества кокса определяют его реакцию, способность, термомеханическую прочность и истираемость. Возможна также оценка УЭС засыпи кокса в режиме микродугового разряда.

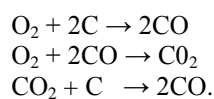
Проведенные исследования в указанном аппарате показали, что мощность образования стабильного микродугового разряда на переменном напряжении в сухой засыпи кокса составляет 1 Вт/см<sup>3</sup>, однако влияние электросопротивления переходных контактов на величину УЭС микродугового слоя сохраняется вплоть до 4 – 5 Вт/см<sup>3</sup>. Нагрев кокса ведется на мощностях 4 – 4,5 Вт/см<sup>3</sup>, то есть в условиях, достаточных для того, чтобы считать электросопротивление переходных контактов установившимся по величине и не искажающим соотношение измеряемых УЭС коксов. Осциллографирование тока единичного микродугового разряда показало, что электросопротивление микродуг составляет около 50 % общего электросопротивления системы объемный электрод–микродуга.

Ранее проведенное исследование, см. [2], показало, что в процессе развития микродугового разряда (увеличения его мощности) снижение УЭС засыпи кокса происходит вплоть до 0,2 Ом·м, после чего эта величина остается практически постоянной. Полученная величина говорит о возможности микродугового разряда в среде сточной воды, измеренное УЭС которой лежит в пределах от 2 до 1 Ом·м в интервале температур от 20 до 70 °С (сток КХЗ перед биохимической). Но для снижения потерь мощности необходим кокс с меньшей величиной УЭС. В результате оценки качества ряда промышленных коксов по описанной выше методике были найдены более электропроводные коксы с величиной УЭС

микродугового слоя порядка 0,06 Ом·м, применение которых позволит сократить потери мощности, обусловленные проводимостью воды, с 20 – 45 % до 7 – 13 %.

Для оценки качества кокса как материала для объемного электрода выбран электротермический процесс с использованием воздушной среды, поскольку он более полно воссоздает окислительные условия, возникающие при микродуговом разряде в воде. Основным окислительным агентом в этом случае служит кислород. Требуемую температуру 600 °С поддерживают в диапазоне мощностей 1-5 Вт/см<sup>3</sup>, характерных и для импульсного микродугового процесса очистки сточных вод. Микродуговой разряд в водной среде на импульсном напряжении возникает при удельной мощности 1,6 Вт/см<sup>3</sup>.

Воздействие микродуг является основным фактором, обуславливающим протекание нижеследующих реакций, снижающих прочность материала кокса:



Разрушение кокса происходит также в результате сублимации углерода кокса в канале микроразряда. Представленный механизм подтверждается анализами газа и очищенной воды, полученных в процессе микродуговой обработки сточных вод. Летучие продукты содержат 36,6 % CO, 3,2 % CO<sub>2</sub> и 0,5 % O<sub>2</sub>, а в очищенной воде присутствует мелкодисперсный графит. Суммарный расход углерода электродов при этом составляет 4-6 кВт·ч и зависит от качества кокса, использованного для объемного электрода.

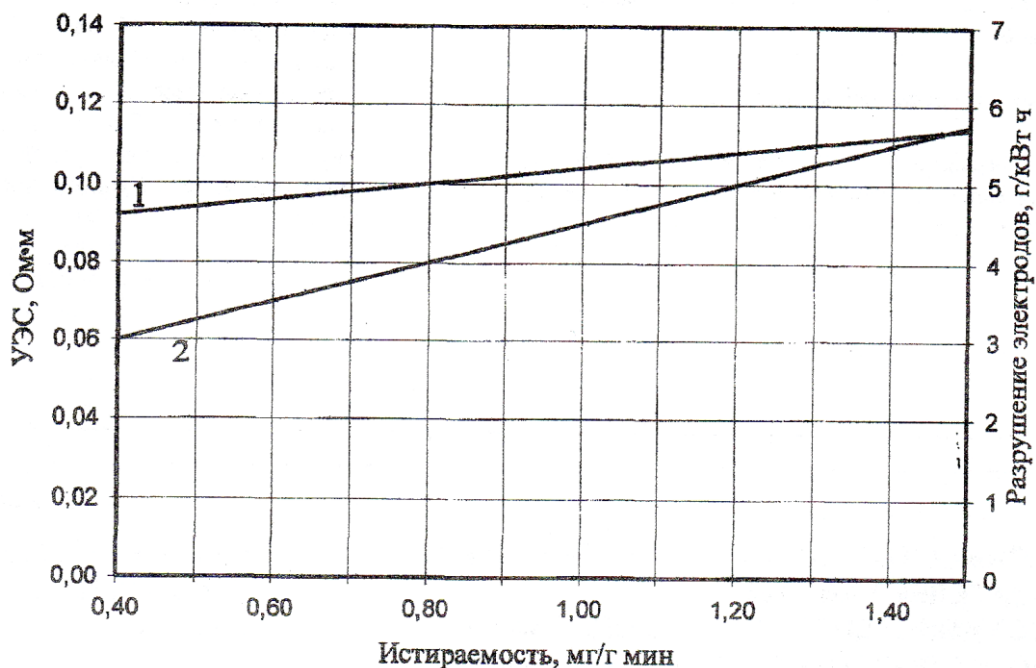
Расход углерода электродов прямо пропорционально связан с величиной истираемости кокса, причем коксы, обладающие меньшей истираемостью, одновременно и более электропроводны, как следует из рис.1. В свою очередь, применение более электропроводных коксов позволяет сократить потери подводимой мощности, повысить КПД установки и интенсифицировать процесс очистки (рис.2.).

На рисунке видно, что на коксе с УЭС микродугового слоя 0,06 Ом·м степень очистки сточной воды от роданидов достигает 97 %, при P<sub>y</sub>>40 кВт·ч/м<sup>3</sup>. Такая степень очистки на коксе с УЭС микродугового слоя 0,2 Ом·м не достигается из-за нарушения микродугового режима очистки уже при мощности P<sub>y</sub> = 30 кВт·ч/м<sup>3</sup> из-за вскипания воды.

По результатам исследования большого ряда промышленных коксов установлено, что наилучшими показателями качества кокса для процесса

микродуговой очистки сточных вод обладает кокс Криворожского КХЗ, полученный из шихты: Ж -

42 %, К - 40 %, Г - 10 %, ОС - 8 %.



качества: реакционная способность - 16,6 %,

Рис. 1. Связь истираемости кокса с величиной УЭС микродугового слоя и скоростью разрушения кокса в процессе очистки сточных вод:

1 - разрушение кокса - объемного электрода при микродуговой очистке сточных вод,  
2 - связь УЭС микродугового слоя с истираемостью кокса

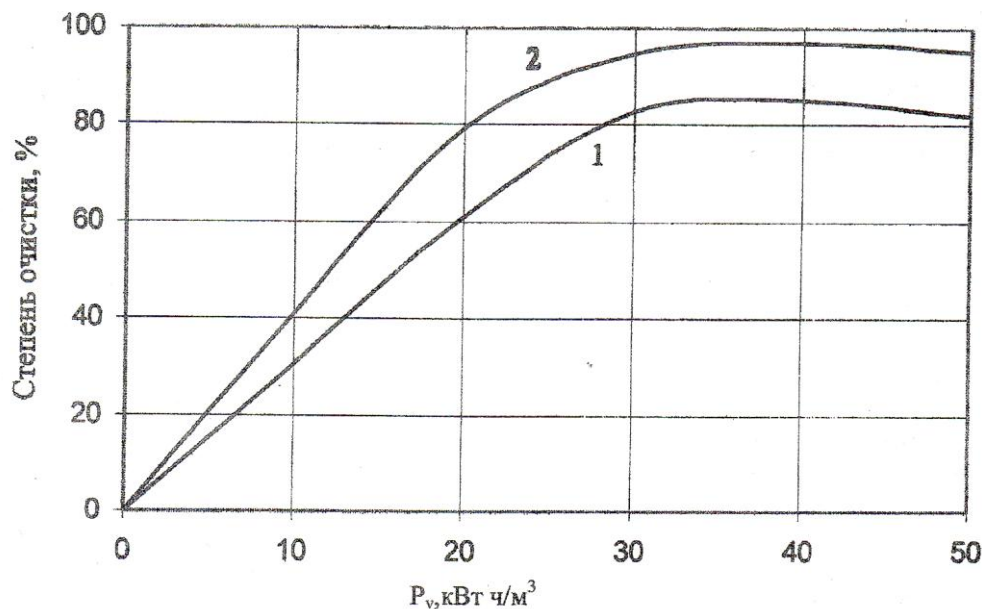


Рис.2. Зависимость эффективности удаления роданидов ( $0,4 \text{ г/дм}^3$ ) из сточных вод от качества кокса объемного электрода:

1 - очистка сточной воды на коксе с УЭС 0,2 Ом м,  
2 - очистка сточной воды на коксе с УЭС 0,06 Ом м

Комплексный метод оценки свойств кокса дал следующие численные значения показателей качества: реакционная способность - 16,6 %, термомеханическая прочность - 81,6 %, истирае-

мость – 0,39 мг/г·мин. Использование такого кокса обеспечивает эффективную микродуговую обработку воды при УЭС микродугового слоя 0,06 Ом·м.

***Библиографический список***

1. Слободской С.А., Трегубов Д.Г. Микродуговая очистка сточных вод // Кокс и химия. - 1997. - №6. - С. 30-32.
2. Трегубов Д.Г., Слободской С.А. Исследование электрических характеристик микродугового разряда в процессе очистки сточных вод // Кокс и химия. -1997. №9. - С. 32 - 34.
3. Крапивина С.А. Плазмохимические технологические процессы. - Л: Химия, 1981. - 284 с.
4. Слободской С.А. Теория и практика электротермии в технологии углей. Автореф. ... дис. докт. тех. наук. - Харьков: УХИН, 1993. - 39 с.