

циклів кавітаційної обробки. В середньому відбувалось зростання на 0,1 пункт за кожний цикл обробки.

Найбільш ефективною виявилась суміш 99% газового конденсату, та 1% біоетанолу. Вже просте механічне змішування конденсату та біоетанолу підвищило RON на 2,5 пункти, а MON зросло на 1,7 пункти. Загальний приріст RON склав 5,1 (в середньому 0,5 пункти за цикл обробки) пункти, а MON – 2,6 пункти (в середньому 0,25 пункти за цикл обробки).

Подальше збільшення кількості біоетанолу в суміші зменшує ефект від кавітаційної обробки, хоча початкові RON та MON значно вищі. Наприклад, для суміші 97% конденсату та 3% біоетанолу збільшилось майже на 15,3 пункти в порівнянні із чистим газовим конденсатом, а приріст MON склав 8,1 пункти. Під час кавітаційної обробки приріст RON та MON склав 0,7 та 0,5 пункти відповідно. Тобто, існує деяка оптимальна концентрація біоетанолу в суміші з газовий конденсатом, за якої кавітаційна обробка дає найбільший приріст октанового числа. На сьогодні, це експериментально встановлена концентрація 1% об'ємний біоетанолу.

Подальші дослідження будуть спрямовані на встановлення оптимальної концентрації біоетанолу для кавітаційної обробки, на вплив числа циклів кавітації на приріст октанового числа, на знаходження оптимальної кількості циклів кавітаційної обробки, та на стійкість до розшарування суміші вуглеводнів та біоетанолу.

Література:

1. Целіщев О. Дослідження кавітаційної обробки моторних палив / О. Целіщев, М. Лорія // Проблеми хімотології. Теорія та практика раціонального використання традиційних і альтернативних паливно-мастильних матеріалів: монографія [за заг. ред. проф. С. В. Бойченка]. – К. : Центр навчальної літератури, 2017. – Розділ. 1. – С. 29–32.

2. Моторные топлива. Кавитационный способ повышения их качества / А. Б. Целищев, И. И. Захаров, М. Г. Лория [и др.] // Хімічна промисловість України. – 2014. – №2 (121). – С. 39–42.

3. Целіщев О. Б. Дослідження кавітаційного способу перетворення моторних палив / О. Б. Целіщев, М. Г. Лорія, В. О. Носач // Технологический аудит и резервы производства. – 2016. – №4/4 (30). – С. 26–32.

4. Пат. 105427 Україна С10G2/00 Установка для переработки углеводневої сировини / О. Б. Целіщев, М. В. Кошовець, В. О. Носач, С. О. Голосов, М. Г. Лорія, П. Й. Єлісеєв; Заявл.25.06.2015; Опубл. 25.03.2016. Бюл. 6.й

ВЫБОР ОСАДИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПИГМЕНТОВ ИЗ ОТРАБОТАННОГО ЭЛЕКТРОЛИТА ХЛОРИДНО-АММОНИЙНОГО ЦИНКОВАНИЯ

Кузьменкова О.Ю., Чепрасова В.И., Залыгина О. С. к.т.н., доц.

Белорусский государственный технологический университет (г. Минск)

Отработанные электролиты являются одним из видов отходов гальванического производства. В настоящее время они либо сбрасываются на очистные сооружения совместно с промывными сточными водами, либо, реже отводятся отдельным потоком с последующим обезвреживанием. В обоих случаях происходит образование осадка, который в большинстве случаев хранится на территории предприятия и с которым теряются ценные дефицитные металлы.

Наиболее распространенными покрытиями являются цинковые, для нанесения которых используются различные типы электролитов: щелочные цианистые и цинкаты, кислые сульфатные и хлоридные, слабокислые хлоридно-аммонийные [1]. Как видно из таблицы 1, наибольшей экологической опасностью характеризуется хлоридно-аммонийный электролит, который и был выбран для дальнейших исследований. Высокая концентрация Zn^{2+} в отработанных хлоридно-аммонийных электролитах цинкования позволяет предположить возможность их использования в качестве вторичного сырья для получения цинксодержащих пигментов. При выборе осадителей в работе учитывалась возможность

получения наиболее распространенных пигментов, а также необходимость наиболее полного извлечения ионов цинка из отработанных электролитов.

Таблица 1 – Значения экологической опасности электролитов цинкования [1]

Наименование электролита	Интервал значений экологической опасности
цианистый электролит цинкования	$(1,0-5,0) \cdot 10^6$
цинкатный электролит цинкования	$(0,8-4,0) \cdot 10^6$
кислые электролиты цинкования	$(2,0-9,0) \cdot 10^6$
хлоридно-аммонийный электролит цинкования	$(1,8-12,0) \cdot 10^6$

Известные цинксодержащие пигменты, их состав и цветовые характеристики представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Состав и цветовые характеристики цинксодержащих пигментов [2]

Название пигмента	Химическая формула	Цвет
грунтовочный цинковый крон	$4\text{ZnO} \cdot \text{CrO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	желтый
малярный цинковый крон	$4\text{ZnO} \cdot x\text{CrO}_3 \cdot 1/4x\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, где $x = 4-2,5$	лимонный
желтый кадмий	$\text{CdS} \cdot 0,2\text{ZnS}$	светло-желтый
цинковая зелень	$\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ и $4\text{ZnO} \cdot \text{CrO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	зеленый
фосфат цинка	$\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, где $n = 2,0-4,0$	белый
цинковые белила	ZnO	белый
литопон	ZnS и BaSO_4	белый
циркон	ZnSiO_4	различный
виллемит	$2\text{ZnO} \cdot \text{SiO}_2$	ярко-синий
цинковая пыль	Zn	серый
феррит цинка	ZnFe_2O_4	бежевый

Наибольшее распространение среди цинксодержащих пигментов получили цинковые белила. В последнее время все чаще используется фосфат цинка, благодаря своим антикоррозионным свойствам.

Оксид цинка (цинковые белила) обычно получают методом химического осаждения термически нестабильных соединений цинка (гидроксидов или гидроксокарбонатов) с использованием в качестве осадителей растворов $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaOH , Na_2CO_3 и др. с последующим разложением полученных веществ с образованием ZnO [3]. Гидроксид цинка, полученный таким образом, выделяется в виде белого, аморфного осадка с переменным содержанием воды. Такой осадок плохо фильтруется, а при его сушке в газовую фазу переходит значительное количество воды, что увеличивает энергозатраты. Осаждение ионов цинка из растворов его солей карбонатами приводит к образованию основного карбоната цинка. При использовании в качестве осадителя раствора фосфата натрия Na_3PO_4 происходит образование фосфата цинка.

Осаждение ионов цинка в виде фосфата является более предпочтительным, поскольку фосфат цинка характеризуется гораздо более низким произведением растворимости ($9,1 \cdot 10^{-33}$), чем карбонат ($1,46 \cdot 10^{-10}$) или гидроксид ($3,0 \cdot 10^{-17}$). Это позволит обеспечить наибольшую степень извлечения ионов цинка из отработанных электролитов цинкования и наименьшую степень их миграции при использовании полученных материалов в качестве пигментов.

На основании вышеизложенного в работе было проведено осаждение Zn^{2+} из отработанного хлоридно-аммонийного электролита цинкования фосфатом натрия. В связи с тем, что в состав электролита помимо хлорида цинка входит хлорид аммония наблюдалось образование не только фосфата цинка $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, но и двойной соли фосфата цинка-аммония ZnNH_4PO_4 , что подтверждается данными рентгенофазового анализа. После

термообработки была получена смесь безводного фосфата цинка $Zn_3(PO_4)_2$ и пирофосфата цинка $Zn_2P_2O_7$ белого цвета.

Свойства полученного материала свидетельствуют о возможности его использования в качестве пигмента (таблица 3).

Таблица 3 – Состав и свойства полученного материала

Химический состав	Маслоемкость, г/100 г		Укрывистость, г/м ²	рН водной суспензии	Белизна, %
	I рода	II рода			
$Zn_3(PO_4)_2$ и $Zn_2P_2O_7$	32,5	41,9	101,2	6,7	98

Таким образом, для осаждения ионов цинка из отработанного электролита хлоридно-аммонийного цинкования был выбран фосфат натрия, что позволило получить пигмент белого цвета, который может использоваться в лакокрасочной, керамической и других отраслях промышленности.

Литература

- 1 Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Обработка поверхностей металлов и пластмасс с использованием электролитических или химических процессов» (ИТС 36-2017). Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Москва: Бюро НДТ. – 2017. – 228 с.
- 2 Пищ, И. В. Керамические пигменты / И. В. Пищ, Г. Н. Масленникова. – Мн.: БГТУ. – 2005. – 236 с.
- 3 Qu X., Jia D. Synthesis of octahedral ZnO mesoscale superstructures via thermal decomposing octahedral zinc hydroxide precursors // J. of Crystal Growth. – 2009. – V. 311. – p. 1223–1228.

К РАСЧЁТУ КОТЛОВ-УТИЛИЗАТОРОВ В УСТАНОВКАХ КЛАУСА

Платонов О.И., к.т.н.

ООО «Институт Гипроникель», Санкт-Петербург, Россия

Усовершенствованная технология переработки сероводорода по способу Клауса, с помощью которой из кислых газов нефте- и газопереработки в мире ежегодно извлекается не менее 20 млн.т. серы, включает термическую ступень окисления сероводорода при температуре свыше 1100⁰С. Охлаждение этого газа осуществляется в первичных котлах-утилизаторах (КУ), достоверный расчёт которых критически важен для обеспечения конденсации серы и последующей каталитической конверсии газа [1].

Чтобы оценить степень влияния поверхностной конденсации элементарной серы на эффективность теплопередачи в первичных котлах-утилизаторах установок Клауса, проанализированы тепловые характеристики работы котлов КУ-1 типа Г-710 на участке производства элементарной серы (УПЭС) Медного завода Заполярного филиала ПАО «Горно-металлургическая компания «Норильский никель». В качестве первичных котлов-утилизаторов КУ-1 УПЭС МЗ до 2003 г. использовались горизонтальные газотрубные котлы Г-710 производства Белгородского завода энергетического машиностроения, теплообменную поверхность (708 м²) и проходное сечение которых (1,568 м²) образуют 1032 дымогарных трубки диаметром 50/44 мм длиной 4960 мм.

Фактические значения коэффициента теплопередачи k в котлах КУ-1 УПЭС МЗ типа Г-710 показаны на Рис. точками в зависимости от массовой скорости потока $G = \rho w$ (ρ – плотность, w – расчётная скорость) на входе КУ-1, а прерывистая кривая соответствует их интерполяции степенной функцией:

$$k = 9,9791 G^{0,6724} \quad (1)$$

описывающей экспериментальные значения $k = k(G)$ с коэффициентом корреляции $R = 0,891$. Для сравнения, тонкой сплошной кривой на интервале массовой скорости: $\rho w = 4 \div 14,5$ кг/(м² сек), - показана зависимость $k(G)$, рассчитанная по нормативной методике [2] при значениях коэффициентов: теплопроводности $\lambda = 0,08$ ккал/(м·час⁰К) и динамической вязкости