



DOI: 10.24412/2181-1431-2021-1-27-30
УДК 669.2/.8

©Хасанов А.С., Хужаярова Ф.Ф., Рахимжонов З.Б

ИССЛЕДОВАНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ ИНДИЯ ИЗ ОБОРОТНЫХ РАСТВОРОВ ЦИНКОВОГО ЗАВОДА АО «АЛМАЛЫКСКОГО ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА»

Хасанов А.С., заместитель главного инженера по науке АО «Алмалыкский горно-металлургического комбината, **Хужаярова Ф.Ф.**, магистрант кафедры «Силикатных материалов и технология редких, благородных металлов» Ташкентского химико-технологического университета, **Рахимжонов З.Б.**, инженер-технолог опытно промышленного цеха научно-технологического центра научно-производственного объединения

Аннотация. В этой статье представлена информация о промышленном значении металлического индия и области его применения. Обсуждается экстракционный метода получения индия, оптимальные режимы экстракции, установленных при эксперименте и выбор растворителя. Приведены результаты экспериментальных данных.

Ключевые слова: Экстракция, D2ЭГФК-ди-2-этиленгексилфосфорная кислота, реэкстракция, раствор, органическая фаза, уайт спирт, керосин, соляная кислота, сульфидная очистка, атомно – эмиссионная спектрометрия, железный порошок, цементация, глицерин, хлорид галлия, лабораторная мешалка, сульфат индия.

Annotatsiya. Ushbu maqola indiy metalining sanoat qiymati va uning qo'llanilish sohasi to'g'risida ma'lumot beradi. Indiy olish uchun ekstraksiya usuli, tajriba davomida o'rnatiladigan ekstraksiyaning optimal rejimlari va tanlangan eritma muhokama qilinadi. Eksperimental ma'lumotlarning natijalari keltirilgan.

Kalit so'zlar: Ekstraksiya, D2EHPA-di-2-etilenheksilfosforik kislota, yalang'ochlash, eritma, organik faza, oq ruh, kerosin, xlorid kislota, sulfidni tozalash, atom emissiya spektrometriyasi, temir kukuni, tsementlash, glitserin, galliy xlorid, laboratoriya aralashtiruvchi indiy sulfat .

Annotation: This article provides information on the industrial value of the metal India and the area of its application. The extraction method of obtaining India, the optimal extraction modes set by experiment and the choice of solvent is discussed. The results of experimental data are given.

Key words: Extraction, ethylenehexylphosphoric acid, re-extraction, solution, organic phase, kerosene, hydrochloric acid, sulphide treatment, atomic emission spectrometry, iron powder, cementation, glycerol, gallium chloride, laboratory stirrer, indium sulfate

Научно–технические достижения в области металлургии цветных металлов диктуют создание для каждого производства своих целостных и технико–экономических систем высшей эффективности. Эти системы, охватывая весь процесс с начала до конца технически преобразуют не только, но и вспомогательные переделы. К таким технологиям относятся малоотходные и безотходные технологии. Развитие новых отраслей науки, техники и

промышленности невозможно без прогресса в области электроники, уровень и темпы развития которой в значительной степени определяются достижениями в области получения высокочистых материалов, синтезируемых из исходных сверхчистых металлов и металлоидов. К таким металлам относятся и высокочистый индий, который обладает рядом специфических свойств, позволяющих широко использовать его в полупроводниковой промышленности [1].

Достижения в области получения высокочистых материалов, синтезируемых, из сверхчистых металлов и металлоидов являются основой прогресса в области электроники, которая определяет уровень и развитие многих отраслей науки и техники. Индий, а также его соединения высокой степени чистоты широко используются в полупроводниковой промышленности, благодаря ряду специфических свойств, которыми они обладают.

Разработка новых эффективных методов переработки техногенного сырья Республики Узбекистан относится к одному из приоритетных направлений развития металлургии и металлургической технологии. Объем производства и потребления редких и рассеянных металлов, в основном, определяет техническое развитие страны, так как их извлечение требует использования высоких технологий, а применение связано с уровнем развития электронной техники, атомной и др. видов отраслей промышленности. Сегодня существует потребность в сокращении объемов переработки руд в горнодобывающей и металлургической промышленности во всем мире и в увеличении объемов переработки техногенных отходов, которые накопились к этому времени [2,15].

Получение индия высокой чистоты. Так как индий - это один из самых важных стратегических металлов который имеет широкое применение в области прогрессивных технологий, селективность его экстракции из разных отходов является актуальной задачей [4]. Индий высокой чистоты используют в качестве исходного продукта в производстве полупроводниковых материалов: In/P, In/As,



In/Sb, In/Ga/As, In/Ga/As/P, при непосредственном взаимодействии индия с Ga, P, Sb, As [3,4,14].

В Республике Узбекистан индий встречается в составе медно-молибденовых рудах месторождении Кальмакыр и Сары-Чеку в городе Алмалык, а на месторождении Хандиза в Сурхандарьинской области попутно со свинцом и цинком. В процессе переработки вельцокислов цинкового производства образуется в сутке примерно 400-600 м³ раствора после выщелачивания вельцокислов с содержанием индия в среднем 60 мг/л, в связи с этим, нами проведены исследования по изучению возможности извлечения индия из индийсодержащего раствора, полученный при производстве цинка на предприятии АО

“Алмалыкского горно-металлургического комбината”.

Для извлечения индия использовали раствор после выщелачивания вельцокислов (верхний слив сгустителя). Индий находится в растворе сульфатном состоянии $In(SO_4)_3$, его содержание в растворе колеблется в пределе от 50 до 110 мг/л. Химический состав раствора по основным элементам приведены на следующей таблице №1 [8,13].

В настоящее время для извлечения индия из технологического цинкового производства широко используется экстракционный способ, позволяющий провести концентрирование индия и очистку его от многих примесей. При этом используются как индивидуальные экстрагенты, так и их смеси [16-18].

Таблица № 1

Химический состав индийсодержащего раствора

Наименование пробы	Содержание г/л						
	Zn	Fe _{общ}	In	As	Sb	H ₂ SO ₄	Cd
BCC	103	0,671	110	0,092	0,003	30	940

Один из известным способом извлечения индия из слабокислых сульфатных растворов цинкового производства является экстракция раствором ди-2-этилгексилфосфорной кислоты (Д2ЭГФК) в керосине [5].

В данной работе для повышения концентрации и избавления от примесей был использован экстрагент Д2ЭГФК, а в качестве разбавителя были проверены керосин и уайт-спирт.

Процесс начинается с подготовкой раствора к экстракции. При экстракции трехвалентное железо имеет коэффициент распределения того же порядка, что и индий, а двухвалентное железо практически не экстрагируется. Поэтому первым требованием, предъявляемым к исходному раствору перед экстракцией, является отсутствие ионов трехвалентного железа. В литературе [9] рассмотрен процесс очистки растворов от Fe³⁺ путем восстановления железным порошком. Процесс проводят при температуре 40 – 50 °С и содержании серной кислоты 26 – 35 г/дм³. Ранее были выполнены

исследования по совершенствованию метода восстановления Fe³⁺ медным кеком. Экспериментально установлено, что степень восстановления Fe³⁺ при восстановлении с применением медного кека составляет 92 %, но метод не нашел применения из-за возврата в технологический цикл содержащиеся в кеке мышьяка, сурьмы и кремневой кислоты. В работе [6,7] с целью удешевления процесса в качестве восстановителя использует пылевидные отходы производства силикокальция.

В данной работе для восстановления Fe³⁺ использован железный порошок, полученный путем водородного восстановления окалины УзМеткомбината и проверена возможности использования отходов шлифовальной установки центрального ремонтно-механического завода крупностью до 1 мм.

Были проведены несколько опытов по отработке оптимального режима восстановления ионов Fe³⁺. Результаты проведенных испытаний по восстановлению приведены в таблице №2.

Таблица № 2.

Результаты испытаний по восстановлению ионов Fe³⁺

Опыт №	Соотношение m(Fe ³⁺):m(Fe ⁰)	Темп. °С	Содержание, мг/л			ε %, Fe ³⁺
			Fe ^{общ}	Fe ²⁺	Fe ³⁺	
1	1:1	20	936	649,4	286,6	35
2		40	936	742,0	194,0	56
3		60	936	835,0	101,0	77
4	1:2	20	1203	929,6	273,4	38
5		40	1203	1017,8	185,2	58
6		60	1203	1123,6	79,4	82



Опыт №	Соотношение $m(\text{Fe}^{3+}):m(\text{Fe}^0)$	Темп. °C	Содержание, мг/л			ε %, Fe^{3+}
			$\text{Fe}^{\text{общ}}$	Fe^{2+}	Fe^{3+}	
7	1:3	20	1464	1230,3	233,7	47
8		40	1464	1442,0	22,0	95
9		60	1464	1464,0	0	100
10	1:4	20	1729	1486,4	242,6	45
11		40	1729	1676,0	53,0	88
12		60	1729	1720,0	9,0	98

На основе результатов проведенных опытов построен график (рис.-1), где можно наблюдать поверхности изменения степени восстановления ионов Fe^{3+} при температуре 50 °C [10,11].

После восстановления ионов Fe^{3+} до предельного минимума, раствор поступает в

процесс экстракции. В проведенных нами исследованиях подтвердился тот факт, что образование ионов Fe^{3+} зависит от времени простоя раствора и с уменьшением температуры увеличится. Технология требует незамедлительно передать раствор в процесс экстракции.

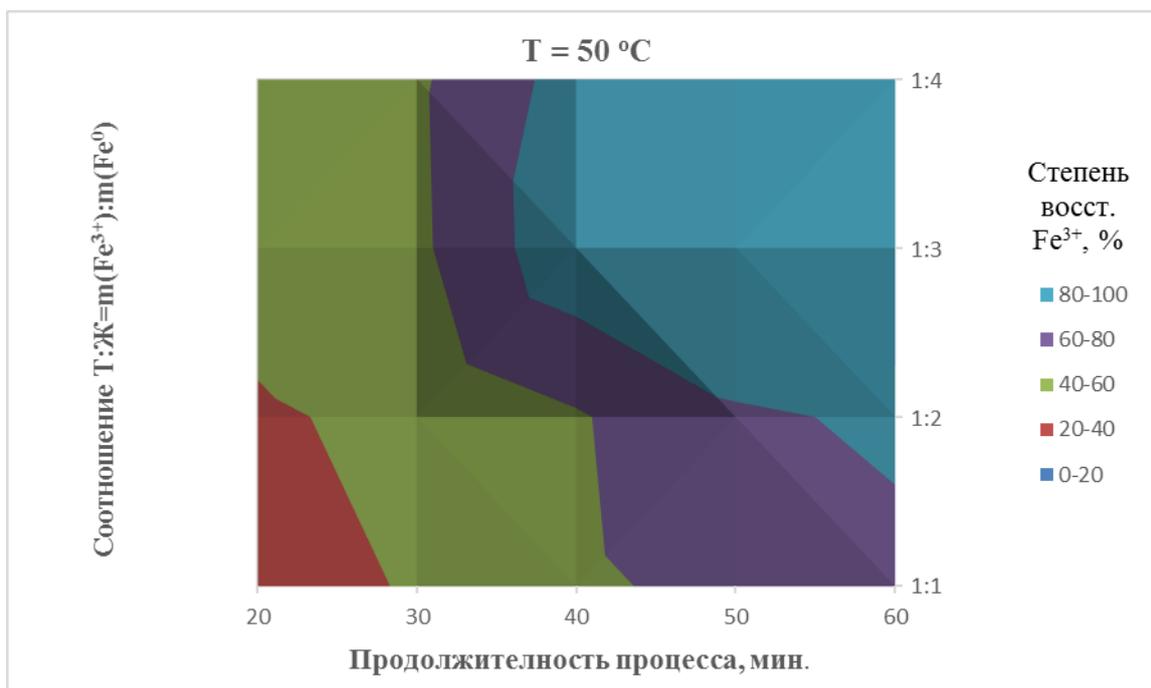


Рис.1. Поверхности изменения степени восстановления ионов Fe^{3+} (%) при температуре 50 °C.

Экстракция проведена в растворе Д2ЭГФК разбавленном до 0,4÷0,6 н. В качестве разбавителя использован керосин и Уайт спирт. Для оценки преимуществ разбавителей проведен параллельный опыт с использованием двух разбавителей отдельно. Извлечения индия в органическую фазу определенным по остаточному содержанию индия в рафинате в двух испытаниях почти одинаково и составляет более 95 %. Многократно проведенных испытаниях выяснилось, что при температуре выше 40 °C Уайт спирт довольно значительно испаряется, в следствие чего, происходит увеличение нормальности экстрагента. Это свой очередь приведет к образованию эмульсии [12].

Выводы. Проведенные испытания по извлечению индия методом экстракции из растворов цинкового завода АО «АГМК» показывает эффективность использования данного процесса для концентрирования индия

при следующих полученных оптимальных режимах.

Процесс восстановления: температура процесса 50 °C, соотношение $m(\text{Fe}^{3+}):m(\text{Fe}^0)=1:3$ при условии, когда используется отходы шлифовальные установки крупностью до 1 мм, продолжительность 40 мин.

Процесс экстракции: температура не более 35 °C, нормальность органической фазы (Д2ЭГФК) 0,4÷0,6 н. соотношение О:В следует поддерживать в количестве так, чтобы при экстракции содержание индия в насыщенной органической фазе составляла не более 2-4 г/л.

Список использованных литература

- [1]. Лазовский В.Н., Лунин С.С., Попов В.П. Зонная перекристаллизация градиентом температуры полупроводниковых материалов. – М.: Metallurgia, 1987. – 186 с.
- [2]. Санакулов К.С. Концептуальные основы решения проблем переработки техногенного сырья. Обогащение и металлургия, 2019. – 404 с.



- [3]. Козин Л.Ф. Кинетика и электродные процессы в водных растворах. – Киев: Наук. думка, 1983. – 37 с.
индия при вальцевании цинковых кеков //Цветные металлы. – 2000. – № 5. – С. 37-39.
- [5]. Казанбаев Л.А., Козлов П.А., Кубасов В.Л., Травкин В.Ф. Индий. Технология получения. М.: Руды и металлы, 2004 г., С.179
- [6]. Шарипов Х.Т., Борбат В.Ф., Даминова Ш.Ш. «Химия и технология платиновых металлов». Тошкент «Университет» 2018г. С. 3-5., 14-17., 14-28., 35-40.
- [7]. A.S.Hasanov, B.I.Tolibov, N.A.Akhatov. Gold in the world history // International conference. Technical sciences: modern issues and development prospects. -Sheffield, UK 2013, – P104-105.
- [8]. Котляр Ю.А., Меретуков М.А., Стрижко Л.С. Metallurgy благородных металлов // Руда и металлы. 2005. Т. 1. С. 253-263.
- [9]. Козлов В.А., Набойченко С.С., Смирнов Б.Н. Рафинирование меди // М.: Metallurgy, 1992г. С.78-79.
- [10]. A.S.Hasanov, B.I.Tolibov, N.A.Akhatov. Modernization of copper manufacturing technology // International conference. Technical sciences: modern issues and development prospects. - Sheffield, UK 2013, – P106-107.
- [11].
- [12]. Хурсанов А.Х., Хасанов А.С., Б.П. Вохидов // Разработка технологии получения аффинированного палладиевого порошка из отработанных электролитов // Научная статья. Горный вестник Узбекистана г. Навои. №1 (76) 2019г. ст. 58-61.
- [13]. Khasanov A.S., Vokhidov B.R., Usmankulov O.N. The scientific explanation of the technologies to get pure palladium powder from recycled electrolytes. I Международной научно-практической конференции «Современные проблемы и инновационные технологии решения вопросов переработки техногенных месторождений Алмалыкского ГМК» Алмалык Узбекистан Апреля 18-19, 2019г. С. 122-126.
- [4]. Казанбаев Л.А., Гейхман В.В., Козлов П.А., Ивакин Д.А., Колесников А.В. Поведение
- [14]. Вохидов Б.П., Хасанов А.С. Creation of technology for the extraction of palladium from waste electrolytes by aqua regia leaching. International conference on «Integrated innovative development of Zarafshan region: achievements, challenges and prospects» Navoi, Uzb. 2019y. P.35-39.
- [15]. Б.И.Толибов, У.А.Хасанов, О.Т.Исроилов. Исследование поверхностного свойства шлаковых расплавов. Journal of Advances in Engineering Technology Vol.1 (1), 2020. –P53-56
- [16]. Вохидов Б.П., Хасанов А.С. Investigation of the possibility of extraction of affined palladium from waste electrolytes. International conference on «Integrated innovative development of Zarafshan region: achievements, challenges and prospects» Navoi, Uzb. 2019y. P.116-119.
- [17]. B.I.Tolibov, A.S.Hasanov, F.G.Pimazarov. Molybdenum containing products processing in conditions of SPA RM&RA AMMC // Proceedings of international conference on Integrated innovative development of Zarafshan region: achievements, challenges and prospects, –Navoi, 27-28 November 2019. –P139-143
- [18]. Khasanov A.S., Vohidov B.R. The scientific explanation of the technologies to get pure palladium powder from recycled electrolytes. The 3rd Binational Workshop between Korea (KIRAM) – Uzbekistan (AMMC) on Rare Metals. Program book Chirchik 20th Apr, 2019y. P.154-155.