

Магистрант ХМФ НГГИ Ж.Н.Нарзуллаев  
научн. рук. к.т.н. Р.И.Нормуротов, НГГИ

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ БЛАГОРОДНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ЭЛЕКТРОННОГО ЛОМА

Использование вторичного металла содержащего сырья в современном мировом производстве металлов быстро и неуклонно растёт. Причём из-за роста цен на сырьё и энергию рецикл отработанных техногенных продуктов может рассматриваться даже более эффективным, чем использование первичного сырья. В ряде промышленно развитых стран производство вторичных металлов составляет 35-40 % от общего объёма первичного производства.

Анализ технологических схем переработки электронного лома (ЭЛ), постадийное рассмотрение технологического цикла позволяет выделить следующие основные стадии: гидрометаллургические процессы, окислительный обжиг, плавка на медный коллектор. Именно эти металлургические процессы являются ключевыми в любой из рассмотренных технологических схем и их корректное проведение, в конечном счете, определяет эффективность технологии в целом.

Гидрометаллургические процессы выделения металлов из электронного лома позволяют на первой стадии извлечь и отделить металлы, присутствие которых может осложнить дальнейшую переработку лома. Это, прежде всего, относится к извлечению серебра, олова и в некоторых случаях основной части меди.

Исходное сырье (печатные платы) заливали 6 Н раствором соляной кислоты. При нагревании припой, представляющий сплав олова и свинца, начинал растворяться. При этом в раствор переходило олово в виде  $\text{SnCl}_4$  (при наличии ионов Fe (III)), а свинец выпадал в виде белого осадка – хлорида свинца  $\text{PbCl}_2$ . Серебро не взаимодействовало с раствором соляной кислоты, так как его поверхность при наличии ионов железа (III) подвергалась пассивации за счет образования  $\text{AgCl}$  или труднорастворимого оксида  $\text{Ag}_2\text{O}$ . Через определенное время проводили разделение хлоридов олова и свинца фильтрацией. Хлорид свинца оставался на фильтре и после дренажа и сушки поступал на дальнейшее извлечение металлического свинца по отработанной технологии.

Для выделения олова из раствора, в котором присутствовали и ионы меди ( $\text{CuCl}_2$ ), применяли раствор аммиака  $\text{NH}_4\text{OH}$ . При действии аммиака на раствор выпадал белый осадок  $\alpha$ -оловянной кислоты  $\text{H}_2\text{SnO}_3$ , который отделяли фильтрацией, а медь образовывала комплексное соединение  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$  и оставалась в растворе. В дальнейшем  $\alpha$ -оловянную кислоту высушивали, в результате чего оставался чистый диоксид олова  $\text{SnO}_2$ , который подвергали плавке с углем для получения олова.

В процессе растворения оловянно-свинцового припоя отделялись посеребренные медные контакты. Серебро с них выщелачивали в 1,5 Н растворе азотной кислоты. За 2,5 ч серебро переходило в раствор в виде азотнокислого серебра  $\text{AgNO}_3$ . Также в раствор при этих условиях переходило небольшое количество меди. Из раствора серебро осаждали соляной кислотой. Разделение солей серебра и меди осуществляли фильтрацией. Затем осадок отправляли на дальнейшую переработку по получению металлического серебра.

Последняя стадия переработки плат – выщелачивание меди. Данную операцию проводили в 2 Н растворе серной кислоты с окислителем. При этом образовывались сульфаты меди, олова, свинца и железа (оставшиеся на плате). Медь в виде  $\text{CuSO}_4$  переходила в раствор, а в осадок выпадали:  $\text{SnSO}_4$  – в виде бесцветных игл;  $\text{PbSO}_4$  – в виде

белого, плохоотделяемого осадка;  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  – в виде белого порошка. Раствор, содержащий ионы меди, после фильтрации поступал на извлечение меди.

На основании результатов анализа продуктов и промпродуктов переработки был составлен сквозной баланс распределения металлов по операциям. За содержание металлов в исходном материале был принят металл, растворенный сначала в азотной кислоте, а затем в царской водке. Состав исходного материала представлен в таблице 1.

Таблица 1.

**Состав исходного материала**

Компонент	Содержание	
	г	%
Sn	210	24,70
Pb	140	16,47
Cu	90	10,60
Ag	26	3,06
Нерастворимый остаток	384	45,17
Итого	850	100,00

Суммарное содержание металлов составило 54,83 %.

В процессе выщелачивания соляной кислотой в раствор переходит, %: олова – 95; меди – 13; в осадок выпадает 95 % свинца. В нерастворенном осадке остается, %: олова – 5; свинца – 5; меди – 87 и всё серебро, присутствующее на плате.

При выщелачивании в растворе азотной кислоты получаем следующее распределение металлов, % (от исходного): в раствор переходит 96,15 серебра; 2,7 меди; в нерастворенном остатке остается 84,3 меди; 3,85 серебра, по 5 олова и свинца.

В результате выщелачивания в серной кислоте в раствор переходит 97,5 % (82,2 % от исходного) оставшейся меди. Нерастворенный остаток содержит по 5 % (от исходного) олова и свинца, 2,1 % меди и 3,85 % серебра (от исходного).

Извлечение металлов в конечный продукт составляет, %: олова – 95; свинца – 95; меди – 97,9; серебра – 96,5.

По результатам химического анализа установлено, что золото, которое может содержаться в plataх, в данных условиях не растворяется и на 81-84 % остаётся на органической основе. До 10 % его обнаружено в серебросодержащем остатке, остальное поровну распределено между медным и свинцовыми остатками.

Необходимость разработки технологии гидрометаллургической переработки многокомпонентного ЭЛ обусловлена рядом причин и, в частности, пассивацией медного анода в присутствии свинца в процессе электролиза меди вплоть до прекращения процесса. Установлено, что концентрация свинца и олова в электролите не должна превышать 0,2 и 0,1 мг/л соответственно.

В результате исследований гидрометаллургической переработки ЭЛ установлены кинетические закономерности растворения серебра, олова, свинца и меди в растворах соляной, серной и азотной кислот в присутствии железа (III) и кислорода в зависимости от температуры, времени и концентрации кислот. Оптимизация условий гидрометаллургических процессов обеспечила получение концентратов олова, свинца, меди, серебра с содержанием основного компонента – 78 %, 74 %, 38 %, 75 %, соответственно. Общее извлечение металлов составило 95-96%.

В условиях рассмотренного технологического цикла и по результатам химического анализа золото не растворяется и на 81-84 % остается на органической основе электронного лома. До 10 % золота находится в серебросодержащем осадке, остальное поровну распределено между медными и свинцовыми осадками.