

Выход по току никеля в стационарных условиях составлял 76 и 86 % соответственно при 1 и 0,5 А/дм<sup>2</sup>. Такая зависимость выхода по току от плотности тока указывает на достаточно большую рассеивающую способность электролита что положительно будет влиять на получение равномерных покрытий на сложнопрофильную поверхность. Проведение процесса осаждения при перемешивании привело к увеличению выхода по току, а также улучшению внешнего вида покрытия, исчезновению питтинга.

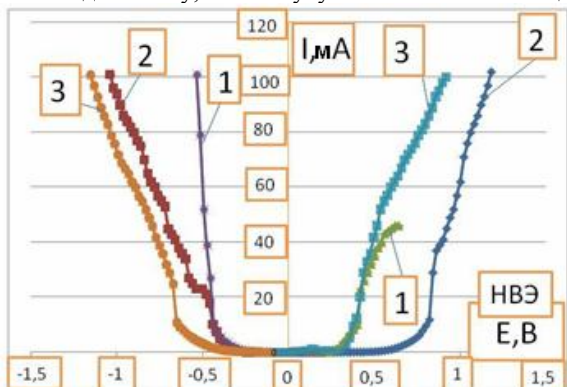


Рисунок 2 – Поляризационные кривые на никеле при различных рН: 1 – рН=1,5; 2– рН=2,17; 3 – рН=2,52.

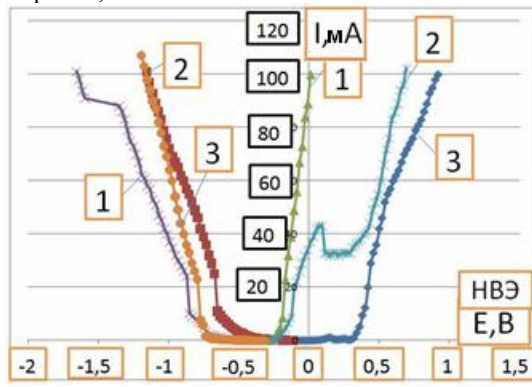


Рисунок 3 – Поляризационные кривые в электролите №2 на катодах различной природы (рН=2,52). 1 – сталь; 2 – сталь/никелевое покрытие; 3 - никель.

Таблица 1 – Зависимость внешнего вида покрытия от плотности тока покрытия.

Расстояние ближнего катода, мм	Плотность тока (А/дм <sup>2</sup> ) при силе тока, А	Внешний вид покрытия на основе молочной кислоты рН=1,5	Внешний вид покрытия на основе молочной кислоты рН=2,44
10	5,1	полублестящее	напряженное
15	4,2	матовое	напряженное
20	3,5	матовое	напряженное
25	3,0	матовое	блестящее
30	2,6	матовое	блестящее
35	2,2	матовое	блестящее
40	1,9	нет	блестящее
45	1,7	нет	блестящее
50	1,4	нет	блестящее
55	1,2	нет	блестящее
60	1,0	нет	блестящее
65	0,8	нет	полублестящее
70	0,7	нет	матовое
75	0,5	нет	матовое
80	0,4	нет	матовое

Таким образом, в ходе работы были изучены состав, свойства и рабочие интервалы плотностей тока низкотемпературного электролита никелирования. Установлено, что для осаждения гладких, мелкозернистых покрытий с высоким выходом по току необходимо поддерживать рН в интервале 2-3. Перемешивание увеличивает выход по току и уменьшает питтингообразование.

УДК 541.127:541.138.2:661.2:661.666.2.

#### Извлечение металлических компонентов в процессе электрохимической утилизации отходов инструментального производства

Студентка V к. 8 гр. факультета ТОВ Фалей А.А.  
 Научный руководитель – Курило И.И.  
 Белорусский государственный технологический университет  
 г. Минск

Разработка комплексных ресурсосберегающих экологически безопасных технологий утилизации отработанного алмазно-абразивного инструмента на металлических связках и металлсодержащих отходов ин-

струментального производства наряду с рекуперацией сверхтвердых материалов предполагает извлечение дорогостоящих металлических компонентов. Литературные данные, а также проведенные ранее исследования показали перспективность использования для этих целей электрохимических методов.

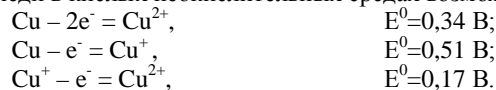
Для разработки комплексных электрохимических технологий утилизации отходов инструментального производства с одновременным извлечением металлических компонентов определяющим моментом является исследование катодных процессов селективного и совместного выделения металлов связки из рабочего раствора.

Объектом исследований были алмазно-металлические композиции (АМК) на основе наиболее распространенных в настоящее время бронзовых связок (медь – 80 масс.%, олово – 20 масс.%), содержащие до 50 об.% синтетических алмазов.

Изучение кинетических особенностей катодного восстановления металлов, входящих в состав АМК, проводили с использованием методы циклической хроновольтамперометрии в растворах серной и соляной кислот с различными добавками. Добавки вводились с целью интенсификации процесса анодного растворения АМК, а также для получения на катоде компактных металлических осадков. Для приготовления растворов электролитов использовали реактивы марки х.ч. Предварительная подготовка электродов проводилась согласно ГОСТ 9.305-84. В качестве катода использовали титан с гладкой поверхностью марки ВТ0-1, который обеспечивает легкость съема катодного осадка, обладает высокой коррозионной стойкостью и длительным ресурсом работы. Потенциал электродов измеряли относительно насыщенного хлорсеребряного электрода при температуре опыта.

Основными факторами, определяющими возможность извлечения меди и олова в виде катодных осадков или химических соединений, пригодных для дальнейшего использования, являются состав электролита и режим электролиза (катодная и анодная плотности тока, электродные потенциалы, гидродинамический и температурный режимы).

При анодном растворении меди в кислых неокислительных средах возможны следующие процессы:



Концентрация одновалентной меди в сернокислых электролитах при комнатной температуре мала и при 25 °С равна  $3,4 \cdot 10^{-4}$  г/л. Однако с увеличением температуры равновесие в системе  $\text{Cu} - \text{Cu}^+ - \text{Cu}^{2+}$  сдвигается в сторону образования ионов одновалентной меди. При 55 °С концентрация  $\text{Cu}^+$  возрастает до  $5 \cdot 10^{-3}$  г/л.

При низких плотностях тока анодное растворение АМК на основе оловянистой бронзы протекает преимущественно с образованием ионов  $\text{Cu}^{2+}$ . При увеличении плотности тока наряду с образованием ионов двухвалентной меди, наблюдается процесс образования  $\text{Cu}^+$ . При увеличении концентрации серной кислоты в электролите содержание ионов одновалентной меди практически не изменяется. Введение в сернокислый электролит хлорид-ионов приводит к существенному увеличению концентрации  $\text{Cu}^+$  в процессе анодного растворения АМК, что можно объяснить образованием устойчивых в этих средах комплексных ионов  $\text{CuCl}_2^-$  и  $\text{CuCl}_3^{2-}$ . По этой же причине при анодном растворении АМК на основе оловянистой бронзы в сульфат-хлоридных растворах ионизация меди идет по двум механизмам: в одну стадию до двухвалентного состояния, а также стадийно с образованием одновалентной меди и ее окислением до двухвалентного состояния. Установлено, что в растворах соляной кислоты ионизация меди идет преимущественно с образованием устойчивых комплексов  $\text{Cu}^+$ .

Образующийся при электрохимическом растворении олова сульфат или хлорид  $\text{Sn}^{2+}$  легко подвергается гидролизу, образуя основные малорастворимые соли, частично выпадающие в шлам. При дальнейшей анодной поляризации ионы двухвалентного олова окисляются до четырехвалентного состояния. При подщелачивании в прикатодной области ионы  $\text{Sn}^{4+}$  образуют взвеси гидратированных оксидов. Образующиеся в процессе анодного окисления АМК малорастворимые соединения олова легко выделяются при фильтрации рабочего электролита.

Хроновольтамперометрические исследования процессов катодного осаждения металлов связок показали, что при растворении АМК на основе оловянистой бронзы в сернокислых растворах (1 М  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) возможен процесс раздельного осаждения олова (от –0,33 до –0,23 В) и меди (от –0,15 до 0,25 В). Введение в сернокислый электролит добавок хлорид-ионов (до 5 г/л) приводит к значительному увеличению предельного катодного тока и, следовательно, скорости осаждения металлов в 1,5–2,5. Дополнительное введение сульфат-ионов в сернокислый электролит также несколько увеличивает предельный ток и скорость осаждения меди и смещает потенциал начала осаждения металла в область положительных значений.

В солянокислых электролитах (1 М  $\text{HCl}$ ) при растворении АМК, содержащих бронзу, наблюдается селективное извлечение металлов связки: в области потенциалов от –0,4 до –0,22 В – осаждение олова, в области потенциалов от –0,12 до +0,2 В – осаждение меди.

При растворении АМК в сернокислом электролите, содержащем 2,5–25 г/л ионов меди (II) максимальная скорость катодного восстановления меди увеличивается от 20 до 220 г/(м<sup>2</sup>·с). Установлено, что при

более высоком содержании ионов меди в растворе существенно усиливается анодная пассивация при растворении АМК, что делает такие электролиты непригодными для утилизации отходов инструментального производства.

Введение в сернокислый электролит депассиваторов (хлорид-ионов, 5–10 г/л), комплексообразователей (аммиака, 10 г/л; Трилона Б, 10 г/л) не только позволяет достичь максимальных скоростей анодного растворения АМК, но и существенно интенсифицировать катодный процесс с получением более компактных осадков меди. При этом энергозатраты на катодное выделение меди снижаются на 20–30%, что объясняется преимущественным восстановлением комплексных соединений одновалентной меди.

Повышение температуры электролита в процессе анодного растворения АМК приводит к существенному увеличению предельных токов осаждения меди и растворимости продуктов анодного окисления АМК. Это способствует интенсификации процесса катодного выделения металлов, уменьшению пассивационных явлений на поверхности анодов и позволяет применять более концентрированные растворы. Повышение температуры также приводит к увеличению электропроводности электролита и, как следствие, к значительному уменьшению общего напряжения электролиза и снижению удельных энергозатрат на процесс утилизации отходов инструментального производства.

Таким образом, проведенные исследования позволили установить кинетические особенности и выявить общие закономерности электрохимического выделения поливалентных металлов, входящих в состав АМК на основе бронзовых связок. Установлен селективный характер извлечения металлических компонентов, обусловленный различием электрохимической природы и валентными состояниями меди и олова. Определено влияние ионного состава электролита и режима электролиза на процессы извлечения металлов связок в виде катодных осадков или химических соединений, пригодных для дальнейшего использования, непосредственно в процессе электрохимического растворения АМК.

Проведенные исследования могут быть использованы для разработки экологически безопасных комплексных технологий утилизации лома и отходов инструментального производства на основе оловянистой бронзы с одновременным извлечением металлов связки.

УДК 676.017.028.3

#### **Исследование влияния химических добавок на процесс размола волокнистой суспензии при изготовлении бумаги и картона**

Студентка 5 группы 5 курса факультета ТОВ Попеня Т.В., асп. Драпеза А.А.  
Научный руководитель – Черная Н.В.  
Белорусский государственный технологический университет  
г. Минск

Процесс размола играет важную роль при производстве высококачественных видов бумаги и картона, т.к. волокна становятся гибкими, пластичными, увеличивается их адсорбционная поверхность и им сообщается определенная степень гидратации, что благоприятно влияет на бумагообразующие свойства волокон [1].

Размол волокнистых материалов в целлюлозно-бумажной промышленности связан с высоким расходом электрической энергии. Большое внимание уделяется мероприятиям, которые ведут к снижению расхода энергии при размолу волокнистого сырья. Одним из перспективных мероприятий является введение в волокнистую суспензию химических добавок, которые укоряют размол и придают бумаге необходимые свойства [2]. К ним, на наш взгляд, относятся: акриловый водорастворимый полимер ВРП-3 (ТУ РБ 00280198.024-99), крахмал (ТУ 9187-076-00334735-01) и гидроксид натрия NaOH (ГОСТ 4328-77).

В результате введения химических добавок на стадии размола происходит сокращение времени достижения нужной степени помола и, как следствие, уменьшение расхода энергии на процесс размола и увеличения производительности бумаго- и картоноделательного оборудования [3].

Цель работы – изучение влияния химических добавок (акриловый водорастворимый полимер ВРП-3, крахмал, гидроксид натрия NaOH) на скорость процесса размола и физико-механические показатели качества бумаги и картона.

Для достижения поставленной цели были изготовлены образцы бумаги массой 80 г/м<sup>2</sup> и картона массой 340 г/м<sup>2</sup>. В качестве волокнистого полуфабриката при проведении исследования использовали целлюлозу белёную сульфатную из лиственных пород древесины (ТУ 5411-029-00279195-2006).

Расход химических добавок (акриловый водорастворимый полимер ВРП-3, крахмал, гидроксид натрия NaOH) составлял 1,05% от а. с. в. Концентрация растворов химических добавок составляла 0,5 %.

Размол целлюлозы проводили с использованием лабораторного размалывающего комплекта ЛКР-1 при частоте вращения двигателя мельницы 1600 об/мин и межножевом зазоре 0,2 мм. Размол осуществлялся до степени помола волокнистой суспензии 50°ШР.