

**МОНОПРОЦЕСС ПРЯМОГО ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО  
РАФИНИРОВАНИЯ ЧЕРНОВОЙ МЕДИ**  
А. Сулеймания, Г. Григорян, В. Мирзоян.  
*Кафедра химии*

Предыдущие исследования показали, что в процессе огневого рафинирования черновой меди с высоким содержанием золота, серебра имеют место значительные безвозвратные потери этих металлов. Кроме того очистка меди этим процессом не окончательная и она завершается электрохимической доочисткой с извлечением драгоценных металлов в электролитный шлам. При этом имеет место значительное снижение сквозного извлечение золота, серебра.

Незначительные примеси в меди отрицательно влияют на процесс электролиза, поэтому в большинстве случаев предварительно их удаляют огневым рафинированием. Однако в определенных технологических условиях возможно черновую медь с высоким содержанием золота, серебра очищать прямым электрохимическим рафинированием, минуя стадию огневого рафинирования. Такая практика осуществляется заводами La Oroya Серро де Паско и Маунто Лрейлл, которые черновую медь с содержанием 97,5-99,2 %Cu, 109-8553 г/т Ag, 21-68 г/т Au подвергают прямому электрохимическому рафинированию с достаточно высокими технико-экономическими показателями, особенно по извлечению золота, серебра. [1-3].

Изучена возможность прямого электрохимического рафинирования черновой меди следующего состава(%): 98 Cu; 0,04 Au; 0,02 Ag; 0,005 Se; 0,001 Te; 0,002 Bi; 0,2 Pb; 0,1 Sb; 0,1 As; 0,02 Zn; 0,5 Fe; 0,7 S; 0,2 O<sub>2</sub>; 0,02 Si; 0,01 Al.

Тщательный анализ показывает, что металлические примеси в чистовой меди находятся в виде интерметаллов типа Me<sub>m</sub> Me'<sub>n</sub> ( Cu<sub>2</sub>Fe, Cu<sub>2</sub>S, Cu<sub>2</sub>Te, Ag<sub>2</sub>S, Ag<sub>2</sub>Te и др.), сера и кислород связаны с медью в виде Cu<sub>2</sub>O и Cu<sub>2</sub>S. Металлы с большим сродством к кислороду находятся в виде окислов- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> и др.

Установлено, что по ходу охлаждения литых анодов имеет место ликвидация металлов, в результате нарушается равномерность распределения компонентов, особенно примесей в анодном объеме (рис. 1).

Это отрицательно влияет на процессы растворения, осаждения меди, выделения примесей. При этом усиливается анодно-катодная поляризация, повышается выход анодного скрата, снижается извлечение металлов, повышается расход энергии. Из рис. 1 видно, что более тяжелые металлы (Au, Ag, Cu и др.) концентрируются на нижней части анода, более легкие металлы (железо и др.) а также сульфидно-оксидные соединения концентрируются на верхней поверхности анода. Во избежания ортицательного влияния анодной неоднородности компонентов рекомендуется один анод с нижней поверхностью установить относительно другого анода с верхней поверхностью, между которыми устанавливается катод. В этих условиях концентрация ионов меди и примесей в прикатодно-анодном электролите выровняется, что очень важно для нормального протекания процесса. Катодная плотность тока является одним из основных технологических параметров электролиза, от которой зависят потери золота, серебра в процессе. В этой связи выявляли зависимость потери этих элементов от плотности тока (рис. 2).

Потери золота "Au" и серебра "Ag" в зависимости от плотности тока "J" определяются следующими эмпирическими уравнениями: Au=45•10<sup>-3</sup>•J<sup>0.74</sup>%; Ag=16•10<sup>-3</sup>•J<sup>0.84</sup>%.

Технико-экономические расчеты и практика электролиза меди показывают, что допустимые пределы потери составляют: для золота до 1% и для серебра 2,5 % от исходной их массы. Исходя из этих данных и рис. 2 плотность тока приняли 450 а/м<sup>2</sup>. В этих условиях извлекается в катод 98,5%, и переходит в шлам: золота- 99,2%; серебра- 97,2%.

Причину возникновения анодно-катодной поляризации кроме выше указанной аподной неоднородности компонентов, объясняется еще и тем, что ионы меди переносят ток от анода к катоду диффузией, скорость которой относительно скоростей перехода ионов меди в раствор у анода и разряда их на катоде незначительна. При этом прианодном слое концентрация ионов меди повышается, а прикатодном - снижается относительно основной массы электролита. В этих условиях потенциал анода повышается, а катода - понижается и между ними возникает обратная

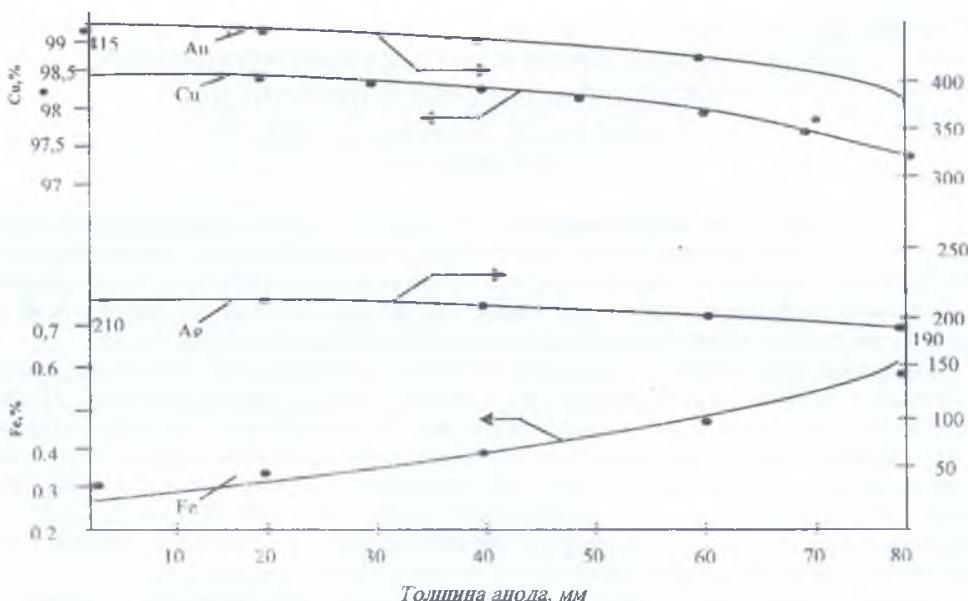


Рис. 1 Ликвация металлов в анодной черновой меди

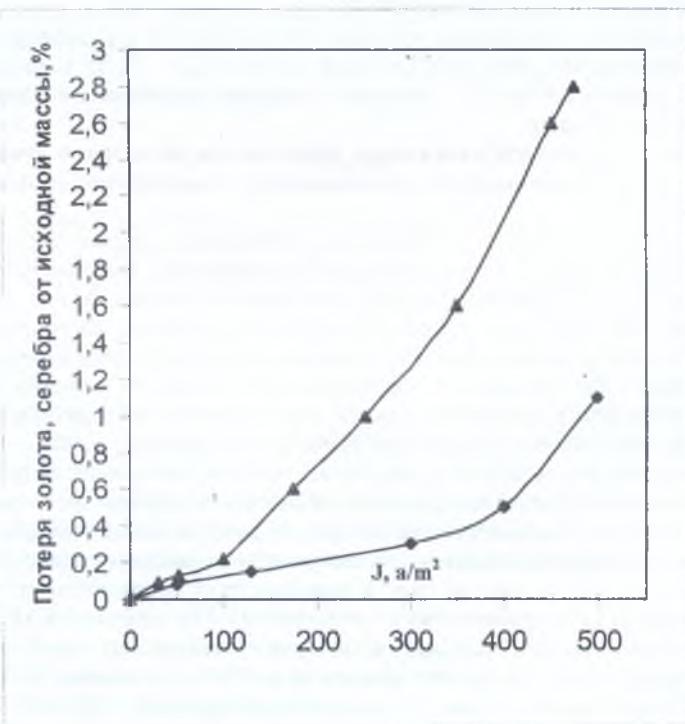


Рис. 2 Зависимость потери Au, Ag от плотности тока.

ЭДС, преодоление которой осуществляется дополнительным подением напряжения, следовательно и расходом энергии извне. При этом падение напряжения для преодаления анодно-катодной поляризации значительно и колеблется в пределах 2-22 % от общего напряжения на ванне. Тщательное перемешивание электролита снижает диффузионное сопротивление переноса тока ионами меди от анода к катоду и значительно снижается поляризационное напряжение, следовательно и расход энергии.

Из рис. 3 видно, что при скорости циркуляции электролита 25 л/мин напряжение на ванне должно быть больше на 5 % от нормального, снижение скорости циркуляции до 9 л/мин напряжение на ванне повышается на 15%. Таким образом в зависимости от сопротивления катодно-анодной поляризации и перемешивания электролита изменяется напряжение "V" на ванне, что приводит к изменению выхода меди по току "η" и согласно уравнению  $W=843 \cdot V/\eta$  [4] имеет место значительное колебание энергии "W".

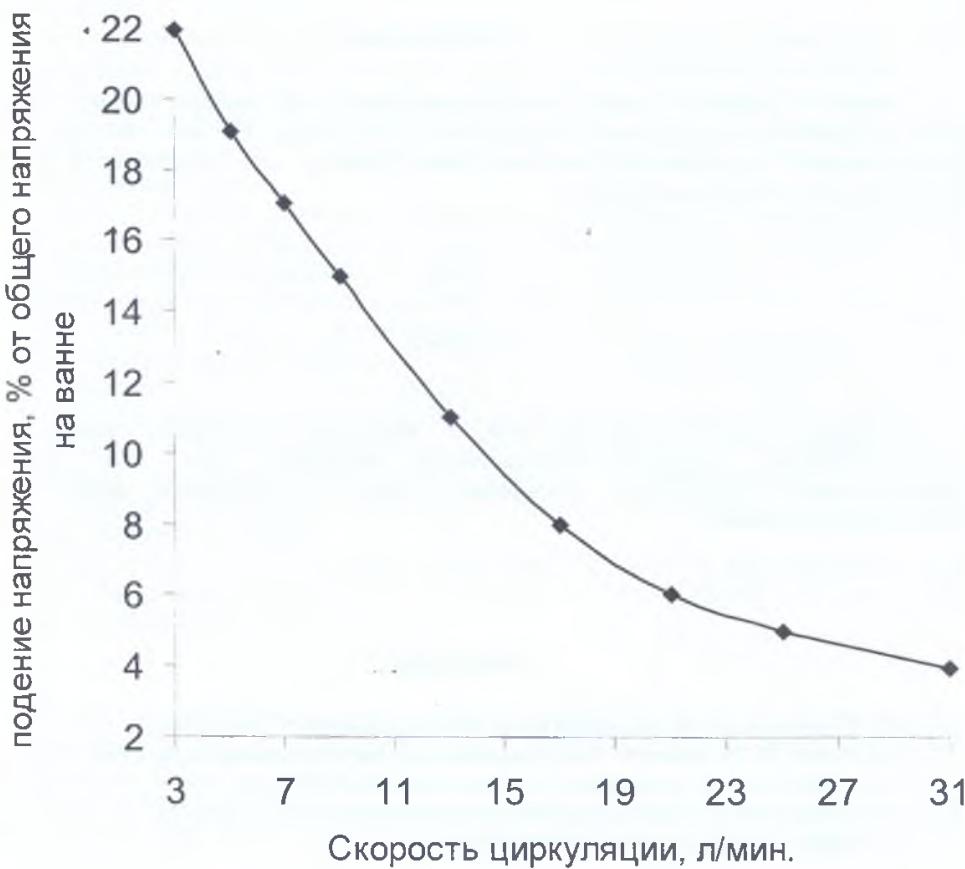


Рис. 3 Зависимость падения напряжения на ванне от скорости циркуляции электролита. (Падение напряжения связано с преодолением сопротивления анодно-катодной поляризации).

Отсюда следует, что аппаратурное оформление электролиза меди должно обеспечить перемешивание электролита с большой скоростью. При этом кроме снижения диффузионных сопротивлений улучшается также качество катодной меди. Применяемые скорости циркуляции электролита в обычных ваннах не достаточны и обеспечивают полный обмен электролита в течении 2,5-5 часов [5]. В этой связи для усиления перемешивания электролита и получения высоких показателей необходимо усовершенствовать аппаратурное оформление процесса, что обеспечит прямая электрохимическая очистка черновой меди минуя огневое рафинирование.

Прямой выход катодной меди с учетом оборотной меди составляет 97%, а шлама 0,5 % от исходной массы меди. 1,4 % меди переходит в электролит, 0,1% в шлам и  $98 \cdot 0,98 = 96,5\%$  в катодную медь.

Состав катодной меди (%): 99,9 Cu, 0,00032 Au, 0,0005 Ag, 0,002 Pb, 0,002 Sb, 0,002 As, 0,0006 Zn, 0,005 Fe, 0,005 S, 0,007 O<sub>2</sub>, 0,07558 пр.

Приведенный состав соответствует марки меди "M1".

Состав шлама(%): 20 Cu; 8 Au; 3,8 Ag; 0,5 Fe; 30 Pb; 5 Sb; 3 As; 0,0028 Bi; 0,01 Se; 0,002 Te; 10 S; 8 SiO<sub>2</sub>.

Таким образом прямая электрохимическая очистка меди с высоким содержанием золота, серебра технологически возможна.

### **Ամփոփում**

Ուզու և արծաթի բարձր պարունակույթանը սև պղնձի ուղղակի մաքրումը էլեկտրոքիմիական գործընթացով տնհմիկապես հնարավոր է: Դրա համար պնտը է կատարելագործել գործընթացի տարման սարքավորումը, որը կապահովի էլեկտրոլիտի շրջանառության բարձր արագություն:

### **Резюме**

Прямая очистка черновой меди с высоким содержанием золота, серебра электрохимическим процессом технологически возможна. При этом необходимо усовершенствовать аппаратурное оформление процесса с обеспечением высокой скорости циркуляции электролита.

### **Литература**

1. В. И. Смирнов и др. Металлургия меди, никеля, кобальта. 1964. 463 с.
2. А. И. Левин, М. И. Номберг. Электрохимическое рафинирование меди. 1963. 210 с.
3. Ю. В. Баймаков и др. Электролиз в гидрометаллургии. 1967. стр. 330 с.
4. М. М. Лакерник и др. Металлургия цветных металлов. 1957. 530 с.
5. В.Т. Исаков. Электролиз меди, 1970. 120 с.