

МОНОПРОЦЕСС ПОЛУАВТОГЕННОЙ ПЛАВКИ ЗОЛОТО-МЕДНОЙ РУДЫ ДРМБОНА

Г. Григорян, А. Абрамян, В. Мирзоян

кафедра химии

Эффективность промышленного освоения золото-медного рудника Дрмбона (Арцах) зависит от выбранной технологии переработки добываемой руды. Она должна обеспечить высокую степень комплексного использования сырья и производство конечных продуктов, на основе которых можно развивать другие отрасли местной экономики. В этом случае обеспечивается чистота окружающей среды и высокая рентабельность эксплуатации рудника. Для этой цели пригодны малоотходные технологии с минимальными переделами. Существующими многостадийными процессами извлекается максимум 5-30% ценностей перерабатываемого сырья, это означает, что остальные ценности в 70-95% теряются в виде отходов и помимо финансовых потерь загрязняется также окружающая среда, что недопустимо, особенно для условий Арцаха с его ограниченной территорией, богатыми лесными массивами и ресурсами пресной воды.

В данной работе изучена одностадийная технология прямой плавки Дрмбонской руды, минуя ее обогащения.

Изученная руда имела следующий вещественный состав [1]:

Элементарный (%) – 3,25 Cu, 12,9 Fe, 8 S₂, 2,5 CaO, 1MgO, 72,35 Pr;

Минералогический (%) – 17,87 Cu_{1,5}Fe₃S₆, 9F₂O₃, 4,4 CaCO₃, 2,1MgCO₃; 4Al₂O₃, 56,75 SiO₂, 3H₂Oсв., 2,9 Pr.

Содержание сопутствующих металлов в руде (t/т) – 4,5Au, 10Ag, 20Se, 3Te.

При одновременном окислении и шавлении рудной шихты с удалением избытка серы “S” и ее остаточного процентного содержания в полученном сульфидно-оксидном расплаве, которое определяется уравнением:

$S = (0,25 - 0,5) \text{ Cu}$, выделяется медь по следующим основным реакциям:



В вышеуказанном уравнении “Cu” – процентное содержание меди в сульфидно-оксидном расплаве. Первой реакцией удаляется избыток серы и получается сульфидно-оксидный расплав, в котором по 2-4 реакциям образуется равновесная система: газ-шлак – медь, и поскольку эти продукты удаляются из зоны реакции, то процесс протекает непрерывно с выделением новых порций продуктов реакции. Золото, серебро максимально концентрируются в меди.

“Cu_{1,5}Fe₃S₆” в реакции 1 выражает сульфиды меди, железа в сырье и имеет энтальпию минус 166000 Дж и энтропию 63 Дж/г.град. Уравнениями изобарных потенциалов реакции 1-4, рассчитанные по известной методике [2], являются:

$$\Delta Z_1 = -2683200 + 53 T; \Delta Z_2 = 68600 - 55 T; \Delta Z_3 = 156875 - 105 T; \Delta Z_4 = 28600 - 35 T.$$

Экспериментально-расчетные данные показывают, что в пределах температур 500-1500°С происходит полное превращение сырья в газо-шлако-металлические продукты. Изменение значения изобарных потенциалов реакцией 1-4 в пределах вышеуказанных температур следующие:

t°С	ΔZ_1	ΔZ_2	ΔZ_3	ΔZ_4
500	-2643700	26100	74875	1500
1500	-2529200	-28400	-26125	-33400

Реакция 1 смещена вправо, экзотермична и с повышением температуры замедляется. 2-4 реакции смещаются вправо, начиная с 970, 1230, 500°C соответственно. При 1500°C реакции 1-4 полностью протекают в сторону образования газообразных и конденсированных продуктов.

Отрицательное влияние высокого содержания кремнезема в руде на процессы шлакообразования и осаждения металлов смягчено шихтовкой оксида кальция. Испытаны четыре варианта навесок, состоящих из предварительно окисленной руды (огарка) и оксида кальция. Начиная со второго варианта, навескам добавлено, соответственно, 10, 20, 30% оксида кальция от веса огорка. Потребное содержание серы в огорке обеспечено предварительным твердофазным окислением руды со степенью десульфуризации в 85%. При этом в огарке всех четырех вариантов навесок содержание серы составило: $8 \times 0,15 = 1,2\%$, которое обеспечило выделение меди по реакции 2-4. Извлечение меди, золота, серебра составило, соответственно: 73; 80; 76 (вар.1); 79; 86; 82 (вар.2); 87; 94; 90 (вар.3); 91; 97; 93 (вар.4) процентов, соответственно. Высокое извлечение металлов и низкое содержание меди в шлаке (0,29%) в четвертом варианте, объясняется положительным влиянием оксида кальция на процессы шлакообразования и осаждения металлов. Зависимость содержания меди "Cu"_{шл.} от основных шлакообразующих оксидов в стопроцентной трехкомпонентной (SiO₂, CaO, FeO) шлаковой системе выражается следующим эмпирическим уравнением: $Cu_{шл.} = 3,45 - 0,14 (0,78FeO + CaO) + 0,0016 [(0,78FeO + CaO)]^2$

Заданным процентным содержанием меди в шлаке определяется процентное содержание оксидов кальция и железа в уравнении, а содержание кремнезема в шлаке определяется по разности. По результатам четвертого варианта экспериментов составлен укрупненный общий материальный баланс процесса прямой плавки руды (табл.).

Таблица

Укрупненный общий материальный баланс плавания 100 т руды

Загружено			Получено		
Материалы	т	%	Продукты	т	%
Руда	100	53	Медь	3	1,6
Известняк	57	30,3	Шлак	116	61,4
Воздух	30	16	Газы	59,6	32
Метан	1,3	0,7	Сера	6,7	3,4
Всего	188,3	100	Возгоны	3	1,6
			Всего	188,3	100

Сернистый ангидрид восстанавливается метаном по реакции:



Изобарный потенциал реакции: $\Delta Z_5 = -605000 - 240T$.

Реакция экзотермична и протекает с образованием серы. Состав продуктов плавки руды:

Медь – 98% Cu; 140^г/_т Au; 300^г/_т Ag;

Газы (%) – 3,0SO₂; 11H₂O; 27CO₂; 59 N₂;

Возгоны – 5400^г/_т Se; 800^г/_т Te, 9% S₂;

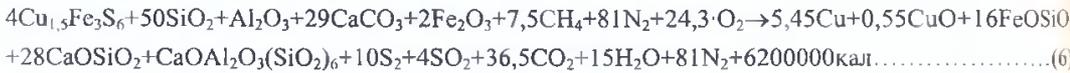
Основной шлак (%) – 15FeO; 29CaO; 49SiO₂; 3Al₂O₃; 4 Пр.

Расчетный трехкомпонентный шлак (%) – 16 FeO; 31 CaO; 53 SiO₂.

Основные характеристики трехкомпонентного шлака: температура плавления – 1250°C; удельный вес – 3; степень кислотности – 2; теплосодержание – 1550^{кДж}/_{кг}; вязкость – 5Па·с; кислотостойкость в среде H₂SO₄, HCl, HNO₃ – 99,5%; щелочостойкость – 90%; пределы прочности при сжатии – 2800, изгибе – 850, растяжении – 180^{кг}/_{см²}; износостойкость – 0,07

Основными оксиды рудной шихты образуют шлаковый комплекс типа $(FeO)_{1,5}(CaO)_{2,9}(Al_2O_3)_{0,1}(SiO_2)_5$ с энтальпией минус 7500000 Дж и энтропией $-410 \text{ Дж/}_{1,1 \text{ град}}$. Приведенные данные показывают, что из расплавленного шлака, базальтного состава, не охлаждая, можно попутно производить качественные строительные материалы [3-5], в том числе долговечные и гигиеничные литые трубы для транспортировки жидких и образивных сред, особенно пресной воды, что позволит решить проблемы водоснабжения населенных регионов.

Процессы плавления рудной шихты протекают по следующей общей реакции:



Изобарный потенциал реакции: $\Delta Z_6 = -6200000 - 620T$. От окисления сульфидной массы ($Cu_{1,5}Fe_3S_6$) руды выделяется достаточное количество тепловой энергии (реак.6). Теплотворность этой реакции, относительно указанной сульфидной массы, составляет $6200000:1826 = 3400 \text{ ккал/кг}$. С учетом содержания " $Cu_{1,5}Fe_3S_6$ " в руде 17,85%, ее теплотворность составит $3400 \times 0,1785 = 610 \text{ ккал/кг}$. Шихтовка руды известняком с коэффициентом 1,57 снижает ее теплотворность до $610:1,57 = 390 \text{ ккал}$ на кг рудной шихты (вариант 4). Плавление тонны рудной шихты потребляет 550000 ккал тепла, или $550000:860 = 640 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ электроэнергии, в том числе $(390 - 1000:860) \times 100:640 = 71\%$ выделяется экзотермическими реакциями окисления сульфидов, а 29%, или $640 \times 0,29 = 185 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$, вносится извне. Приведенные данные показывают, что прямую плавку руды можно осуществить в полуавтогенном режиме по предлагаемой технологии (рис.1). 38% элементарной серы получается от терморазложения сульфидов сырья, 46% от восстановления сернистого ангидрида метаном (реак.5) и 16% уходит с газами в виде сернистого ангидрида, и в отходящих газах он составляет 3%.

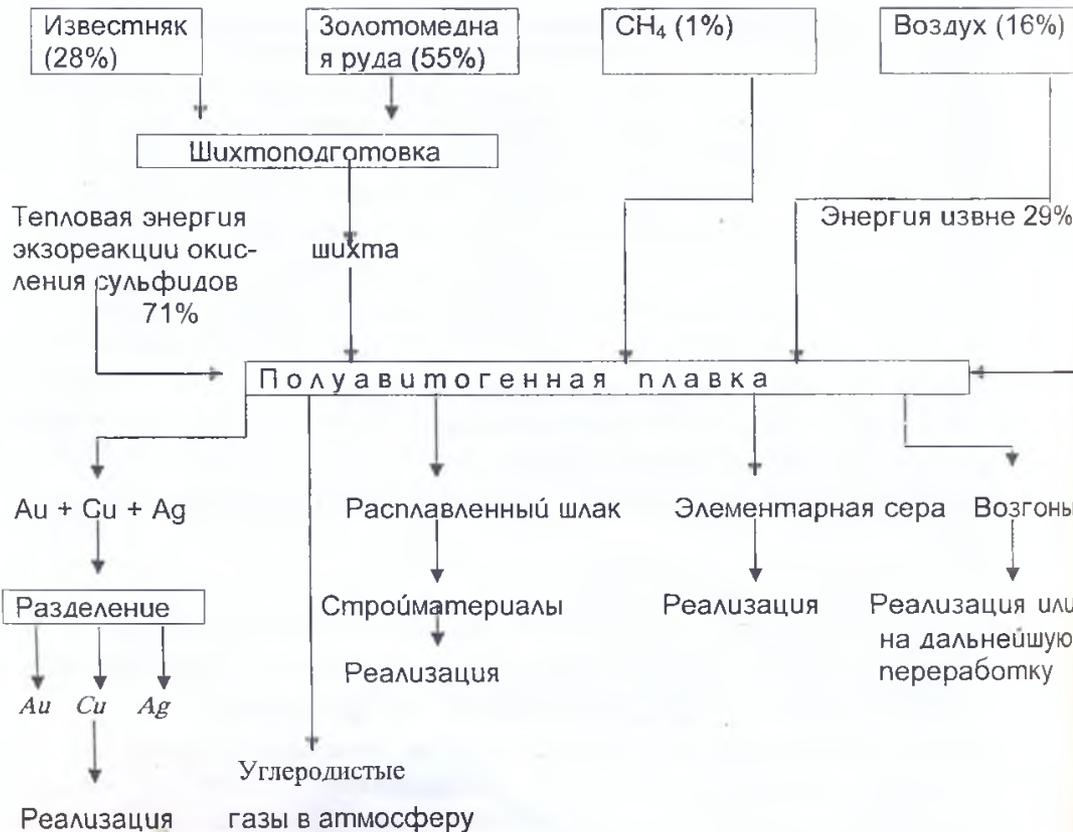


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема полуавтогенной плавки Дрмбонской руды.

Предприятие с годовой производительностью в 170000т руды или 240000т рудной шихты может производить: 5300т металлопродукции, в которой 5200т меди ,0,74т золота, 1,6т серебра; 11400т серы; 5100т возгонов, в которых 22,4т селена,4,1т теллуара; и 170000т шлаковых стройматериалов. Ориентировочные расчеты показывают, что комплексное использование Дрмбонской руды с попутным производством шлаковых литых плит и кирпичей позволит производить продукцию стоимостью в 26 млн. америк.дол. в год. В том числе 14 млн. приходится на плиты и кирпичи, а 12 млн, это стоимость остальной продукции. Нужно отметить, что выгода и практическая реализация предлагаемой технологии зависит от ее удачного аппаратного оформления. Решение проблемы эффективной эксплуатации Дрмбонского рудника имеет решающее значение для дальнейшего расширения масштаба промышленного использования природных ресурсов Арцаха и устойчивого развития его экономики.

Резюме

Монопроцесс полуавтогенной плавки золото-медной руды Дрмбона.

Г.Григорян, А.Абрамян, В.Мирзоян

Прямая полуавтогенная плавка золото-медной руды Дрмбона, без ее предварительного обогащения, возможна и обеспечит комплексное использование сырья, в том числе и его тепловой энергии. Целесообразно рассмотреть вопрос практической реализации предлагаемой технологии.

Ամփոփում

Դրմբոնի ոսկե-պղնձային հանքաքարի կիսաավտոգեն հալման մոնոգործընթաց.

Գ.Գրիգորյան, Ա.Աբրահամյան, Վ.Միրզոյան

Դրմբոնի ոսկե-պղնձային հանքաքարի ուղղակի կիսաավտոգեն հալումն, առանց նրա ախնական հարստացման, հնարավոր է և կապահովի հումքի համալիր օգտագործումը, նույն ժամանակ նրա ջերմային էներգիան: Նպատակահարմար է դիտարկել առաջարկվող միանոգայի արակտիկ կիրառման հարցը:

Литература

1. Г.Григорян, А.Абрамян., В. Мирзоян. Основные характеристики медь-золотосодержащих руд Армении (Личкваз) и Арцаха (Дрмбон), СБ. “Ученые записки” АрГУ N 1(8), 2004г. с. 30-31.
2. Крестовников А.Н. и др. Справочник по расчетам равновесий металлургических реакций. М.1963- 416с.
3. Бобров Б.С. Плавленые клинкеры, полученные в электродуговых печах и цемент на их основе . М.1968-250 с.
4. Г.А.Хачатрян, Г.Б. Григорян. Новая технология производства цемента и защита окружающей среды. Изв. НАНА и ГИУА. Сер.ТН N3. 1997-с.187-190.

Итайгорский И.И. Теоретические основы синтеза ситаллов из шлаков.Ж.ВХО им. Менделеева.1963, N 2 – с.70-80