

УДК: 669.054.82:622.785

 10.70769/3030-3214.SRT.2.4.2024.43

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ОХЛАЖДЕННЫХ ТВЕРДЫХ ШЛАКОВ



Юсупов Урал Саъдуллаевич

Кабинета Министров РУз главный специалист,
Ташкент, Узбекистан



Хасанов Абдурашид Салиевич

Заместитель главного инженера по науке и инновациям
Алмалыкского АО «КМК», Алмалык, Узбекистан
E-mail: abdurashidsoli@mail.ru

Аннотация. В данной статье кратко рассмотрены шлаки Медеплавильного завода Алмалыкского горно-металлургического комбината, некоторые их свойства, минерология, потери в них сульфида меди и частиц золота в сульфидном виде. В таблицах показана эффективность измельчения их с рудами Ёшлика флотационным методом. В результате обогащения более 90% меди из шлаков и руды было переведено в концентрат.

Ключевые слова: Ёшлик, шлак, плавильные печи, медь, золото, дробление, обогащение, флотация, извлечение минералов, руда, хвосты.

SOVUTILGAN QATTIQ TOSHQOLLARNI QAYTA ISHLASHNI TADQIQ QILISH

Yusupov Ural Sa'dullaevich

O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi bosh mutaxassisi,
Toshkent, O'zbekiston

Xasanov Abdurashid Salievich

Olmaliq "KMK" AJ Bosh muhandisining ilm fan va innovatsiyalar
bo'yicha o'rinbosari, Olmaliq, O'zbekiston

Annotatsiya. Ushbu maqolada Olmaliq kon metallurgiya kombinatining Mis eritish zavodi toshqollari, ularning ayrim xususiyatlari, mineralogiyasi, undagi mis sulfidi va oltin zarralarining yo'qolishi haqida qisqa fikr yuritiladi. So'ng ushbu toshqollarni maydalash va Yoshlik koni rudalari bilan aralashtirilib flotatsiya usuli bilan qayta ishlash natijadorligi jadvallarda ko'rsatilgan. Boyitish natijasida 90 % dan ortiq mis toshqol va ruda tarkibidan boyitmaga o'tkazilgan.

Kalit so'zlar: Yoshlik, toshqol (shlak), ertish pechlari, mis, oltin, maydalash, boyitish, flotatsiya, ajratib olish, minerallar, ma'dan, boyitma, chiqindi.

RESEARCH ON THE PROCESSING OF COOLED SOLID SLAGS

Yusupov Ural Sadullaevich

Chief Specialist of the Cabinet of Ministers of the Republic of
Uzbekistan,
Tashkent, Uzbekistan

Khasanov Abdurashid Salievich

Deputy Chief Engineer for Science and Innovations, Almalyk JSC
KMK, Almalyk, Uzbekistan

Abstract. This article briefly examines the slags of the Copper Smelter of the Almalyk Mining and Metallurgical Combine, some of their properties, mineralogy, losses of copper sulfide and gold particles in sulfide form. The tables show the efficiency of grinding them with Yoshlik ores using the flotation method. As a result of enrichment, more than 90% of copper from slag and ore was converted into concentrate.

Keywords: Yoshlik, slag, smelting furnaces, copper, gold, crushing, enrichment, flotation, mineral extraction, ore, tailings.

Введение. Техногенными твёрдыми отходами медного производства являются шлаки содержащие ценные компоненты. Шлаки медной плавки на штейн после обеднения или без такового складываются или передаются в стройиндустрию.

Медные силикатные шлаки – это сплав оксидов (в основном силикатов железа), в котором растворено некоторое количество сульфидов и присутствует сульфидно-металлическая взвесь. Ферритные (безкремнистые) шлаки при отсутствии их гетерогенизации с ростом содержания Fe^{3+} и низкой растворимостью Cu_2O используются при непрерывном конвертировании. Растворимость сульфидов в шлаке повышается с ростом температуры и количества Fe^{3+} . Содержание меди в шлаке в виде мелкодисперсной взвеси при неполном разделении фаз снижается с ростом температуры, понижением вязкости и увеличением сил межфазного натяжения на границе штейн-шлак. Состав и свойства шлаков определяют все основные показатели технологического процесса. Свойства шлаков классифицируются как физические, физико-химические, и связанные с явлением переноса.

Методы переработки. Технологическая схема производства черновой меди на АО “Алмалыкском ГМК” включает в себя следующие основные

переделы:

- Плавка шихты (медный концентрат, флюсы, клинкер АЦЗ, оборотные материалы, твердые конвертерные шлаки) на штейн в отражательной печи;
- Плавку шихты (медный концентрат, золотосодержащие концентраты, флюсы,) на штейн в печи КФП;
- Плавку шихты (медный концентрат, кварцевые флюсы, золотосодержащие концентраты АРУ, клинкер АЦЗ и другие привозные медсодержащие концентраты) на штейн в печи Ванюкова (ПЖВ);
- Конвертирование штейнов плавильных печей в горизонтальных конвертерах с получением черновой меди;
- Огневое рафинирование черновой меди с получением анодов в твердом виде.

При такой технологической схеме в процессе переработки медного сырья техногенными отходами-шлаками производства являются следующие типы:

- Шлаки отражательной плавки (Cu не более 0,75 %).
- Шлаки кислородно - факельной плавки (Cu не более 1,0 %).
- Шлаки печи Ванюкова (ПЖВ), (Cu не более 1,0 %).
- Конвертерные шлаки (Cu от 2,0 до 4,5 %).
- Рафинировочные шлаки (Cu до 10 %, но этот материал возвращается в

конвертерную печь и перерабатывается, вопрос их использования отсутствует).

Шлаки – это сплавы различных окислов, образующих между собой те или иные соединения, а также твердые и жидкие растворы и эвтектические смеси. Они формируются из оксидов пустой породы исходного сырья и специально вводимых флюсов и служат средой для концентрирования компонентов пустой породы и их отделения от ценных металлов.

Функции шлаков:

- Шлаки – это среда, в которой протекают весьма важные для процесса химические реакции. В некоторых случаях процессы получения металлов протекает именно в шлаках.

- В шлаках осаждаются капли металла или штейна, обеспечивая тем самым степень отделения металлической части шихты от пустой породы и определяя одну из основных форм потерь металлов в шлаках – механические потери от недостаточно полного отстаивания.

- Шлаки и их состав определяют в основном ту максимальную или минимальную температуру, которую можно получить в каждом данном случае в печах шахтного типа.

- Шлаки, входя во взаимодействие с металлической ванной при выплавке и рафинировании металлов и сплавов, определяют результат этого рафинирования и концентрацию примесей в металле.

Составы шлаков Альмалыкского медеплавильного производства приведены в таблице 1.

Все виды шлаков не является отвальными, шлак отражательной печи складывается впредь до создания технологии их

переработки.

Таблица 1.

Составы шлаков медеплавильного производства

Тип шлака	Cu	Fe	S	SiO ₂	Fe ₃ O ₄	Извлечения меди в шлак, %
ОП	0,6-0,75	35-40	0,7-0,9	32-36	12-16	1,60
КФП	0,7-1,0	32-36	0,5-0,7	30-35	10-14	175
ПВ	0,8-1,2	35-38	0,7-1,0	32-34	10-16	1,80
Конвертерный шлак	2,6-3,8	40-46	1,5-2,8	20-25	22-26	5,5-6,5

Нами были проведены исследования на опытной обогатительной фабрике Альмалыкского горно-металлургического комбината полупромышленного испытания по объединению конвертерного шлака и смеси его с сульфидной рудой месторождения Ёшлик-1.

Шлаки ПВ, КФП и конвертерные являются оборотными продуктами и перерабатываются флотацией на МОФ – 2 отдельно или в смеси с рудой «Ёшлик» или Кальмакырского месторождения (в наших исследованиях были использованы пробы из месторождения «Ёшлик»).

Для подготовки шлака со специальным режимом охлаждения на шлаковом отвале медь завода были подготовлены отвальные места размером 30x40 м (глубина 0,4 м), каждый из которых вмещал 40 тн шлака. Средняя скорость охлаждения шлака в прудках составляла 1-2 градуса в минуту. Охлажденный шлак разбивался непосредственно в прудках, грузился экскаватором на автомашины и доставлялся на смесительную рудную площадку опытной обогатительной фабрики. Как показали дальнейшие испытания, несмотря на перемешивание шлака трактором, не удалось получить хорошее усреднение по содержанию в нем меди.

Содержание меди изменялось по сменам от 2,1 до 4,5%. Трудность усреднения заключалась в том, что доставленная проба шлака имела очень крупные размеры кусков, достигающие до 500-800 мм. На смесительной площадке и решетке приёмного бункера шлак дробился вручную до крупности 250-300 мм.

Сульфидная медная руда текущей добычи была доставлена на опытную фабрику с рудника «Ёшлик».

Смесь шлака с рудой составлялась в соотношении 1:1, по весу, перемешивалась и доставлялась автомашинами в приёмный бункер.

За период испытаний было переработано около 50 тн шлака и 50 тн руды.

Результаты химического и фазового анализа конвертерного шлака и смеси его с рудой приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2.

**Результаты химического анализа
шлака и смеси его с рудой**

	Шлак	Смесь шлака с рудой
Медь	3,2	2,42
Двуокись кремния	34,1	48,4
Цинк	0,12	не обнаружено
Свинец	0,06	0,01
Молибден	0,014	0,0064
Железо	40,6	23,5
Сера общая	1,6	4,2
Трехокись алюминия	1,44	5,26
Окись кальция	1,6	0,85
Окись магния	0,3	0,31

Таблица 3.

**Результаты фазового анализа на
соединения меди**

Наименование	Содержание, %				Распределение, %			
	Медь общ.	Перв. сульф.	Втор. сульф.	Медь окис.	Медь общ.	Перв. сульф.	Втор. сульф.	Медь окис.
Шлак	3,34	0,25	2,50	0,59	100	7,49	74,85	17,66
Смесь шлака с рудой	2,65	0,35	2,15	0,15	100	16,01	80,22	3,77

Из приведенных данных следует, что медь как в шлаке, так и в смеси шлака+руда находится в виде вторичных минералов, с незначительным количест-

вом окислов.

Особо привлекательные результаты можно получить при анализе данных шлаков высоко производительным энегодисперсионным рентгеновским, флуоресцентном спектрометре Япония Rigaku NEX CG EDXRF методом анализа в отраженном поляризованном свете.

Рентгено-флуоресцентный анализ шлака и картина дифракции компонентов в нем приведен в таблице 4 и минералогический анализ в микроскопии шлака МПЗ приведен в рис 1,2.

Из данного вида анализа видно, что в шлаке имеются примеси благородных, редких, полиметаллических и металлов группы железа.

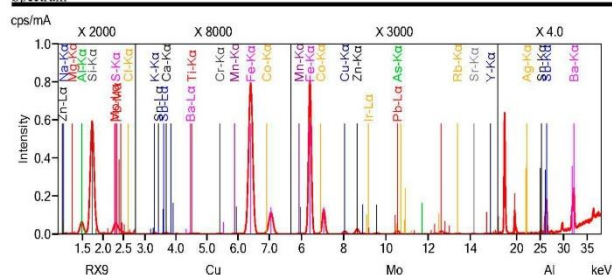
Таблица 4.

Результаты рентгено-флуоресцентного анализа шлака МПЗ и картина дифракции компонентов в нем.

Analyzed result(FP method)

No.	Component	Result	Unit	Stat. Err.	LLD	LLQ
1	Cl	0.0295	mass%	0.0003	0.0004	0.0011
2	Na2O	2.57	mass%	0.118	0.272	0.816
3	MgO	1.39	mass%	0.0214	0.0315	0.0946
4	Al2O3	8.08	mass%	0.0237	0.0127	0.0382
5	SiO2	41.7	mass%	0.0321	0.0017	0.0051
6	SO3	0.992	mass%	0.0040	0.0066	0.0199
7	K2O	2.00	mass%	0.0190	0.0137	0.0412
8	CaO	1.60	mass%	0.0147	0.0143	0.0429
9	TiO2	0.267	mass%	0.0049	0.0087	0.0262
10	Cr2O3	0.0480	mass%	0.0014	0.0029	0.0086
11	MnO	0.133	mass%	0.0023	0.0035	0.0105
12	Fe2O3	38.7	mass%	0.0296	0.0011	0.0033
13	Co2O3	0.0951	mass%	0.0046	0.0139	0.0417
14	CuO	0.558	mass%	0.0030	0.0007	0.0021
15	ZnO	0.786	mass%	0.0030	0.0005	0.0015
16	As2O3	0.0384	mass%	0.0013	0.0035	0.0104
17	Rb2O	0.0087	mass%	0.0002	0.0004	0.0012
18	SrO	0.0107	mass%	0.0002	0.0001	0.0004
19	Y2O3	0.0029	mass%	0.0002	0.0005	0.0014
20	ZrO2	0.224	mass%	0.0026	0.0010	0.0031
21	MoO3	0.298	mass%	0.0068	0.0037	0.0112
22	Ag2O	0.0014	mass%	0.0002	0.0004	0.0011
23	SnO2	0.0050	mass%	0.0004	0.0007	0.0020
24	Sb2O3	0.0706	mass%	0.0012	0.0007	0.0020
25	BaO	0.0952	mass%	0.0017	0.0022	0.0067
26	Ir2O3	0.0132	mass%	0.0010	0.0027	0.0081
27	PbO	0.363	mass%	0.0021	0.0024	0.0071

Spectrum



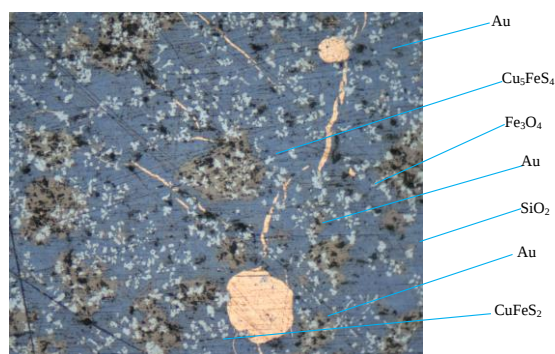


Рис.1. Вид шлака под микроскопом в увеличенном на 200^х.

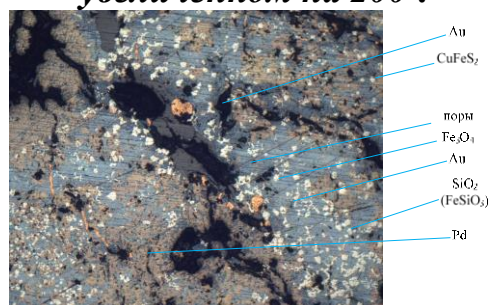


Рис.2. Вид шлака под микроскопом в увеличенном на 200^х.

В первый период работы испытывали возможность переработки конвертерного шлака флотационным методом при измельчении последнего стальными шарами.

Закключение. Таким образом, из приведенных результатов табл.5 видно, что среднее извлечение меди из шлака составило 87,5 % в 19,5 % концентрат при измельчении шлака до 90,1 % класс - 0,074 мм при этом удельная производительность мельницы по классу - 0,074 мм была 0,368 тн/м³ час, при расходе электроэнергии 78,2 кВтч/тн готового класса.

Из результатов, приведенных в табл. 5 видно, что чем богаче конвертерный шлак – тем выше содержание меди в концентрате и выше извлечение меди в концентрат.

Таблица 5.

Результаты полупромышленных испытаний, полученных при переработке конвертерного шлака по одно стадийной схеме измельчения и флотации

Количество проработанных смен	Содержание меди, %			Извлечение меди в к-т, %	Расход реагентов, г/т			% содержание класса - 0,074 мм	Произ-сть, тн/ч	Уд. произ-сть по вновь образ. классу - 0,074 мм	Расход эл.энер кВт/тн класса - 0,074 мм
	Исх	К-т	Хвосты		Сернистый натрий	Бут-ил ксант	Пирит				
Хас-1	4,21	25,5	0,36	86,7	54	153	295	84,4	0,490	0,350	75,5
Хас-2	2,60	13,9	0,56	89,8	53	160	259	88,9	0,554	0,374	73,5
Хас-3	3,97	24,7	0,49	89,2	53	143	319	91,8	0,516	0,376	81,6
Хас-24	3,34	17,5	0,60	80,4	53	149	236	92,2	0,473	0,347	76,5
Хас-26	3,74	19,9	0,44	87,3	52	158	271	91,7	0,481	0,387	80,6
Хас-27	3,52	15,6	0,49	91,6	52	155	246	92,0	0,470	0,375	81,5
сред.	3,56	19,5	0,49	87,5	52,8	153	271	90,1	0,497	0,368	78,2

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Бадалов С.Т., Турсебеков А.Х. Сравнительная геохимическая характеристика медномолибденовых месторождений Алмалыкского рудного района. В сб. Геология, минералогия, геохимия рудных полей Узбекистана, Ташкент, «ФАН», 1972.
- Санакулов К.С., Хасанов А.С. Переработка шлаков медного производства. 2007 г.