

№ 1122

МИСиС

Р.В. Коржова

**Технология обогащения
руд цветных и редких
металлов**

Лабораторный практикум

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

№ 1122

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ИНСТИТУТ СТАЛИ и СПЛАВОВ**
Технологический университет



Кафедра обогащения руд цветных и редких металлов

Р.В. Коржова

Технология обогащения руд цветных и редких металлов

Лабораторный практикум

Под редакцией профессора Э.В. Адамова

Рекомендовано редакционно-издательским
советом университета

УДК 622.7
К66

Рецензент
канд. техн. наук *Л.М. Леонова*

Коржова Р.В.

К66 Технология обогащения руд цветных и редких металлов:
Лаб. практикум / Под ред. проф. Э.В. Адамова. – М.: МИСиС,
2007. – 102 с.

Практикум содержит одиннадцать лабораторных работ, посвященных процессам переработки руд цветных и редких металлов (олова, лития, бериллия, меди, молибдена, вольфрама, тантала, ниобия, титана и циркония).

Практикум предназначен для студентов специальности 130405 «Обогащение полезных ископаемых», изучающих спецкурс «Технология обогащения руд цветных и редких металлов».

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа 1. Флотационное извлечение касситерита из шламов гравитационного обогащения	4
Лабораторная работа 2. Флотация сподуменовой руды	18
Лабораторная работа 3. Флотация бериллиевой руды	27
Лабораторная работа 4. Флотация медно-молибденовой руды	40
Лабораторная работа 5. Флотация сульфидной молибденовой руды	51
Лабораторная работа 6. Доводка сульфидно-шеелитовых концентратов	55
Лабораторная работа 7. Флотация флюоритовой руды	62
Лабораторная работа 8. Флотация апатито-лопаритовой руды	68
Лабораторная работа 9. Флотация танталониобиевой руды	78
Лабораторная работа 10. Обогащение ильменитсодержащих песков	82
Лабораторная работа 11. Обогащение титаноциркониевых песков ..	90
Приложения	97

Лабораторная работа 1

ФЛОТАЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ КАССИТЕРИТА ИЗ ШЛАМОВ ГРАВИТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ

(2 часа)

1.1. Цель работы

Провести флотацию касситерита из гравитационных шламов в соответствии со схемой и реагентным режимом.

Рассчитать баланс металлов, проанализировать полученные результаты и сделать выводы.

1.2. Теоретическое введение

Касситерит (SnO_2) – основной промышленный минерал, содержащий олово. Олово – (Sn) – элемент IV группы периодической системы. Распространенность в земной коре составляет 0,004 %.

Олово является одним из ценнейших дефицитных металлов, спрос на который постоянно растет. Это один из немногих металлов, известных человеку еще с доисторических времен. Олово и медь были открыты раньше железа, а их сплав, бронза, – один из самых первых материалов, изготовленных человеком.

Металлическое олово имеет две модификации: α -Sn и β -Sn. Кристаллическая структура серого олова α -Sn – кубическая, а β -Sn – тетрагональная. Плотность α -модификации олова $5,85 \text{ г/см}^3$, β -модификации $7,3 \text{ г/см}^3$ при $15 \text{ }^\circ\text{C}$. Температура плавления $231,9 \text{ }^\circ\text{C}$.

Металлическое олово легко подвергается обработке: прокатке в фольгу, прессованию, полировке, ковке. Это свойство олова используется в производстве паяльных паст, красок. При обычных стандартных условиях олово устойчиво благодаря плотной, прочной пленке оксидов на его поверхности.

При взаимодействии олова с серной кислотой образуется двухвалентный сульфат олова, который находит применение при гальваническом лужении.

Хлорид олова SnCl_2 применяют в химической и текстильной промышленности как аппретуру для утяжеления шелковых тканей.

Сплавы на основе олова используют в электротехнической промышленности. Важнейший материал для электроконденсаторов – станиоль; это почти чистое олово, превращенное в тонкие листы (для других материалов в станиоле не превышает 5 %).

Особое значение для широкого использования олова имеет его способность образовывать сплавы практически со всеми элементами (металлами и металлоидами). Эти сплавы обладают малой температурой плавления (сплав олово–галлий). Припой, обладающие достаточной механической прочностью и электропроводимостью, баббит, латунь и бронза, типографические сплавы, белая жечь, применяемая при консервировании пищевых продуктов, фольга – таков неполный перечень оловянной продукции.

С помощью диоксида олова можно получить красивую глазурь белого цвета, молочно-белое стекло, которое стеклоделы называют «глухим» (световые лучи проходят через него, но видимости нет).

Для удовлетворения потребностей различных отраслей промышленности в олове необходимо повысить извлечение его, особенно из шламов, на которые приходится около 70 % всех потерь при обогащении.

Известно около 18 оловосодержащих минералов, представленных оксидами и силикатами, сульфидами и сульфостаннатами, боратами, тантало-ниобатами и самородными сплавами (табл. 1.1). Основная масса олова, содержащегося в литосфере (0,004 % масс.), находится в виде касситерита и частично станнина. Франкеит и суксит (гидрокасситерит) образуют значительные запасы олова в Боливии. Остальные минералы самостоятельного значения не имеют.

Таблица 1.1

Минералы олова, имеющие промышленное значение

Оловосодержащие минералы	Формула	Теоретическое содержание Sn, %	Плотность, г/см ³	Твердость по шкале Мооса
Касситерит	SnO ₂	78,77	7,1...7,2	6...7
Станнин	Cu ₂ S·FeS·SnS ₄	27,6	4,3...4,5	3...4

В России и зарубежом производство олова осуществляется исключительно за счет добычи и переработки касситеритовых руд и россыпей.

В природном касситерите содержится до 5...6 % железа, до 9 % пентаоксида тантала и ниобия (преимущественно в касситеритах

пегматитовых месторождений), десятые, сотые и тысячные доли процента титана, марганца, индия, свинца, кремния, алюминия, магния, бора, ванадия, хрома, никеля, кобальта, меди, цинка, кальция, мышьяка, сурьмы, стронция, молибдена, висмута, кадмия, гафния и даже платины.

Изоморфные примеси железа изменяют физико-химическую характеристику касситерита, его параметры кристаллической решетки и флотационные свойства. Сопутствующие касситериту минералы представлены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Сопутствующие минералы

Минералы	Формула	Теоретическое содержание, %	Плотность, г/см ³	Твердость по шкале Мооса
Кварц	SiO ₂	46,6 Si	2,6	7
Полевые шпаты				
Ортоклаз	K[AlSi ₃ O ₈]	16,9 K ₂ O 18,4 Al ₂ O ₃	2,5...2,6	6...6,5
(Микроклин)		64,8 SiO ₂	2,6...2,8	6...6,5
Альбит	Na[AlSi ₃ O ₈]	10,8 Na ₂ O		
Анортит	Ca[Al ₂ Si ₂ O ₈]	19,4 Al ₂ O ₃ 69,8 SiO ₂ 20,1 CaO 36,6 Al ₂ O ₃ 43,3 SiO ₂	2,6...2,8	6...6,5
Турмалин	(Na,Ca)(Mg,Fe) ₃ Al ₆ [Si ₆ O ₁₈][BO ₃] ₃ (OH) ₄	≤ 27,0 Fe ≤ 23,0 Al ≤ 5,0 B ≤ 44,0 SiO ₂	2,9...3,2	7...7,5
Лимонит (Гетит)	Fe ₂ O ₃ ·nH ₂ O	89,9 Fe ₂ O ₃ 10,1 H ₂ O	4,3	5...5,5
Флюорит	CaF ₂	51,3 Ca 48,7 F	3,2	4
Хлорит	(Mg,Fe ²⁺ ,Fe ³⁺) ₆ [AlSi ₃ O ₁₀](OH) ₈		2,6...3,2	2-3
Кальцит	CaCO ₃	56,0 CaO 44,0 CO ₂	2,6...2,8	3

Минералы	Формула	Теоретическое содержание, %	Плотность, г/см ³	Твердость по шкале Мооса
Слюды Биотит	$K(Mg,Fe)_3[AlSi_3O_{10}](OH,F)_2$	$\leq 9,4 K_2O$ $\leq 28,3 MgO$ $\leq 27,8 FeO$ $\leq 20,6 Fe_2O_3$ $\leq 31,7 Al_2O_3$	3...3,1	2...3
Вермикулит	$(Mg,Fe)_3[AlSi_3O_{10}](OH)_2 \cdot 4H_2O$	$\leq 23 MgO$ $\leq 2,5 FeO$ $\leq 17 Fe_2O_3$ $\leq 13 Al_2O_3$ $\leq 42 SiO_2$	2,4...2,7	1...1,5
Мусковит	$KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$	$11,8 K_2O$ $38,5 Al_2O_3$ $45,5 SiO_2$	2,8...3,1	2...3

По запасам олова Россия занимает одно из ведущих мест в мире. Доля коренных месторождений в России составляет 85 %. Среднее содержание олова в коренных месторождениях колеблется от 0,3...0,5 % (касситерит-кварцевая формация), 0,5...1,0 (касситерит-сульфидная) до 0,2...0,3 % (некоторые месторождения пегматитовой и касситерит-кварцевой формации). Промышленное содержание олова в россыпях 0,015...0,020 %.

Коренные оловорудные месторождения подразделяются на пегматитовые, кварцево-касситеритовые, сульфидно-касситеритовые и переходные от кварцево-касситеритовых к сульфидно-касситеритовым.

Пегматитовые месторождения встречаются в России (Забайкалье), Казахстане, Африке, Канаде и др. Мировая добыча олова из руд пегматитовых месторождений составляет около 3 %.

Месторождения кварцево-касситеритового типа широко распространены в России (Дальний Восток, Забайкалье), Чехии, Германии, Малайзии, Австралии, Нигерии, Южном Китае. Месторождения этого типа служат источником образования россыпей, как и пегматитовые месторождения. Мировая добыча олова из них 17 %. Кроме кварца и касситерита, в них присутствуют турмалин, полевые шпаты, слюда, вольфрамит, берилл, топаз и др. Касситерит имеет неравномерную вкрапленность в кварце.

Месторождения сульфидно-касситеритового типа (мировая добыча олова из них составляет 55,3 %) имеют большое значение в добыче олова из коренных руд. Касситерит ассоциирует с сульфидами различных металлов (пиритом, халькопиритом, сфалеритом, галенитом и др.). Общее содержание сульфидов в руде может достигать 70...90 %. Из нерудных минералов присутствует кварц, турмалин, карбонаты, железистые хлориты.

Основным признаком месторождений сульфидно-касситеритового типа является высокое содержание железа и серы, сложность минерального состава и очень тонкая вкрапленность касситерита (размеры его зерен 0,001 мм и меньше).

Сульфидно-касситеритовые руды трудно обогатимы из-за высокого содержания в них сульфидов железа, свинца, цинка, плотность которых близка к плотности касситерита, что затрудняет разделение их гравитационными методами обогащения.

Месторождения переходного типа распространены в России, Австралии, Боливии, Мьянме. Наиболее легкообогатимые руды – это руды пегматитовой формации.

Качество оловянных (касситеритовых) концентратов зависит от типа перерабатываемых руд и россыпей. Наиболее богатые концентраты, содержащие до 70 % и более олова, получают из богатых россыпей.

При переработке сложных оловянных руд получают 10...12 %-ные концентраты, которые подвергаются доводке на Новосибирском оловокомбинате по развитой схеме обогащения. Для сложных продуктов, содержащих 2,5...10 % олова, рекомендуется применять методы хлорирования или возгонку с последующей переработкой возгонов на металлическое олово.

Согласно отраслевому стандарту (табл. 1.3) оловянные концентраты подразделяются на четыре марки: КО – пригодные для плавки на черновое олово первого сорта; КОЗ – (зернистый) для доводки на доводочных фабриках; КОШ (шламовый) для плавки на черновое олово второго сорта или фьюмингование; КОС (свинцовистый) для плавки на черновой свинцовисто-оловянный сплав или фьюмингование.

Содержание влаги в концентратах марок КО, КОЗ и КОС-1 не должно превышать 1 %, во всех других сортах марок КОШ и КОС – 3 %. В оловянных концентратах марки КОЗ, получаемых из коренных месторождений, максимальный размер частиц не дол-

жен превышать 3,2 мм, а для концентратов россыпных месторождений – 6 мм.

Таблица 1.3

Технические требования к оловянным концентратам при обогащении оловянных руд и россыпей

Марка (сорт)	Содержание олова не менее, %	Содержание примесей не более, %						триоксид вольфрама
		свинец	мышьяк	сера	медь	цинк	фтор	
КО-1	60	2	0,3	0,3	Не нормируются То же			5
КО-2	45	2	0,3	Не нормируются То же				
КОЗ-1	30	2	10	Не нормируются То же				–
КОЗ-2	15	2	10	Не нормируются То же				5
КОШ-1	15	2	2	8	0,5	3	–	5
КОШ-2	8	2	1,5	8	0,5	3	–	5
КОШ-3	5	3	0,5	Не нормируются				5
КОС-1	15	5	2	Не нормируются				5
КОС-2	8	5	1,5	15	0,5		0,5	5
КОС-3	5	–	0,5	15	0,5		0,5	
				Не нормируются			0,5	

Содержание шламовых фракций – 0,074 мм в концентратах марки КОЗ не должно превышать 12 %.

Смешивание зернистых гравитационных концентратов со шламовыми гравитационными или флотационными концентратами не допускается.

Концентраты марки КО поступают непосредственно в плавку без предварительного обжига или выщелачивания. Концентраты сортов КОШ-1 и КОС-1 направляются на обжиг и затем на плавку или при содержании мышьяка и серы $\leq 0,5$ % каждой примеси – непосредственно на плавку (без обжига).

Концентраты сортов КОС-1 и КОС-2 в зависимости от содержания примесей (серы, меди, цинка и др.) направляют на плавку или на фьюмингование после предварительного обжига для удаления мышьяка. Если содержание мышьяка в концентратах не превышает 0,5 %, обжиг их не производится. Концентраты сортов КОШ-3 и КОС-3 поступают на обжиг для удаления мышьяка, а затем на фьюмингование.

Основным процессом переработки оловянных руд и россыпей является гравитация. Касситерит – очень хрупкий минерал, поэтому в процессе обогащения руды на винтовых сепараторах, отсадочных