

Мусяця О.Н., канд. хім. наук, Ковтун Ю.В.

ПЕРЕРОБКА ПРОМИСЛОВОЇ СУЛЬФІДНО-ОКСИДНОЇ СТИБІЄВОЇ СИРОВИНИ З ПОДАЛЬШИМ ОТРИМАННЯМ В'ЯЖУЧИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА

Анотація. У статті наведено дані про практичне застосування піроелектрохімічної технології для переробки промислової сульфідно-оксидної стибієвої сировини з подальшим отриманням із шлаків, як відвалів виробництва, в'язучих матеріалів для будівництва.

Ключові слова: промислова сировини, переробка, шлаки, модифікування, в'язучі матеріали.

Аннотация. В статье приведены данные о практическом применении пироэлектрохимической технологии для переработки промышленного сульфидно-оксидного сурьмяного сырья с последующим получением из отвальных шлаков вяжущих материалов для строительных целей.

Ключевые слова: промышленное сырьё, переработка, шлаки, модификация, вяжущие материалы.

Annotation: In the article there were given the facts about practical use of pyroelectrochemical technology for the processing of industrial sulfide-oxide antimonial raw materials with the following acquisition of binding materials from waste slag for building.

Key words: industrial raw materials, processing, slag, modification, binding materials.

Вступ

Основною сировиною для одержання стибію (Су-0, Су-00, Су-2) й його сполук (триоксиду, п'ятисірчистої, солі Шліппе й крудуму) служать сульфідні, сульфідно-оксидні й оксидні сурм'яні концентрати, що істотно відрізняються за хімічним складом [1-6].

Якщо з початку заснування (1936) і по п'ятдесяті роки минулого століття Кадамджайський завод працював винятково на сульфідній сировині Кадамджайського й Терексайського рудників, то у 60-70-ті роки минулого століття сировинна база КСК значно змінилася; почалося застосування, поряд з іншими формами сировини, оксидних концентратів. З урахуванням власних оборотних матеріалів відсоток, що припадає на оксидну сировину, виріс до 25 - 35 % від загальної кількості сировини. Зростання переробки оксидних концентратів у порівнянні з сульфідною сировиною буде тривати й надалі й, зокрема, за рахунок відходів виробництв. Впровадження в дію печі киплячого шару (КШ), трубчастих печей і т.д. дозволить переробляти оксидну руду, «хвости» збагачувальної фабрики, шлаки осаджувально-відновлювальних плавок, кеки вищолочення сурм'яних концентратів й одержувати кондиційні оксидні концентрати.

Переробка сировини відновлювально-окиснювальним випалом у зазначених апаратах є найбільш простим і технологічним у порівнянні з іншими відомими на цей час процесами. Бідні сульфідні концентрати, за досвідом Югославії, також можуть піддаватися окисному випалу з одержанням багатих за вмістом стибія субліматів. Таким чином, у стибієвому виробництві намітилася чітка тенденція до збільшення частки сировини, що припадає на оксидні матеріали.

Оксидна стибієва сировина (антимонат натрію й сублімати пилоуловлюючих систем) переробляється в цей час за двома технологічними схемами – пірометалургійною і гідрометалургійною (антимонат натрію й сурмувмісний пил). Існуючі технологічні схеми не забезпечують повного вилучення металу із сировини в готову продукцію і вимагають великої витрати коштовних реагентів, флюсів, електроенергії й палива. Отже, актуальність проблеми вдосконалювання існуючих технологій переробки, у тому числі, оксидної стибієвої сировини й розробка нових не викликає сумнівів [1, 2, 5, 6].

Завданням роботи є дослідження й розробка нової, економічно більш ефективної промислової технології переробки як сульфідної, сульфідно-оксидної, так і оксидної стибієвої сировини (антимонату натрію й стибійвмісного пилу різних процесів), яка забезпечувала б більш високе вилучення металу у порівнянні з існуючими схемами, а також дозволяла отримувати відвальні за стибієм шлаки з суттєвим вмістом в'язучих матеріалів для будівельних цілей. Із цією метою вивчено відновлювальні плавки

антимонатау натрію й стибійвмісного пилю відбивних і руднотермічних печей у штейнових розплавах з наступним доведенням металу методом електролітичного рафінування у калій-лужних розчинах до стибію вищих марок.

Промислові випробування нової технології переробки оксидної сировини показали її переваги перед існуючими схемами.

Результати дослідження та їх обговорення. Кінетика процесів відновлення антимонату і пилю ШПУ у штейнових розплавах. Попередньо досліджено кінетику відновлювальної плавки оксидної сурм'яної сировини (антимонат натрію і стибійвмісний пил) у штейнових розплавах. Необхідність такого дослідження викликана тим, що названа сировина за хімічним складом відрізняється від індивідуальних оксигенвмісних сполук стибію. Досліди проводилися з пробами сировини, що містили 45-50% стибію, решта припадала на домішки інших металів і силікатну групу. Вивчена залежність вилучення стибію з антимонату натрію від часу проведення відновлювальної плавки в розплаві штейну за температур 800, 900, 1000⁰С. Шихта мала склад (мас. %): антимонат – 69,0; штейн – 20,7; вугілля – 10,3 (шихта № 1).

Плавка велася в шамотних тиглях, у лабораторній силітовій електропечі, обладнаній контрольно-вимірювальними приладами, у **повітряному газовому середовищі**. При тих самих умовах проводилося по три паралельних досліди. Відновлення стибію за температури 800⁰ починається після 15 хвилин від початку завантаження шихти у нагрітий тигель. За 18 хвилин плавки відновлюється 10 % стибію. Інтенсивно процес йде в інтервалі 18-25 хвилин після початку плавки. У цей відрізок часу відновлюється до 85 % металу, через 33 хвилини, при 92-95 % вилучення, відновлення стибію практично припиняється. Витримка розплавів у печі до 40-50 хвилин приводить до деякого зменшення (на 2-3 %) виходу металу. Це може бути пояснено переходом металу у шлак, окиснюванням і частковою втратою з газами.

Відновлення за температури 900⁰ йде більш інтенсивно, чим при 800⁰. Після 15 хвилин від початку завантаження відновлюється до 40-43 % сурми, за наступних п'ять хвилин досягається максимальний вихід металу – 92-93 %. Після 20 хвилин плавки спостерігається деяке зниження вилучення за рахунок сублимації металевого стибію. За 1000⁰С процес відновлення починається після витримки шихти у печі протягом 7-8 хвилин, при цьому досягається вихід стибію 50%. За 13-15 хвилин від початку плавки вилучається 83-84 % стибія,

подальше збільшення тривалості плавки приводить до падіння вилучення металу за рахунок його випаровування. При 40 хвилинній плавці вилучення складає 75%.

На підставі отриманих даних можна зробити наступні висновки:

1. Оптимальними для проведення процесу відновлення Sb з антимонату натрію є температури 800-900⁰С.
2. Відновлення йде інтенсивно і закінчується в основному через 5-8 хвилин після початку процесу.
3. Збільшення тривалості плавки понад оптимальний час приводить до деякого зниження вилучення стибію у чорновий метал.

Досліджено вилучення стибію з антимонату натрію від температури **при плавці у газовому середовищі азоту над розплавом**. Досліджувалися два розплави шихт: № 1 – аналогічний попередньому і № 2 – у якому вуглецю було на 1/3 частину менше, ніж у першому, при тому ж співвідношенні двох інших компонентів. Цією серією дослідів встановлено:

1. Оптимальним інтервалом температури, у якому вилучення металу складає 98-99 %, є 800-900⁰С.
2. Відсутність контакту шихти і розплаву з киснем повітря до мінімуму знижує втрати стибію у газову фазу.
3. Збільшення температури до 1000⁰С приводить до зниження вилучення стибію у чорновий метал.

Визначено вміст стибію в оборотних штейнах, отриманих при плавці антимонату натрію у газовому середовищі азоту над розплавом. Результати фазового аналізу приведені в таблиці 1.

Виходячи з табличних даних, можна зробити висновок, що в процесі плавки відбувається збідніння штейну по металевому стибію у 2-2,5 рази, по сульфідній фазі – 2-3 рази, по оксидних формах – 2-3 рази. Наприклад, при вмісті 15 % вугілля у шихті і підвищенні температури плавки від 800 до 1000 ⁰С відсоток стибію в штейні знижується з 6,36 до 3,37, в основному за рахунок металевого стибію. Очевидно, це може бути пояснено зменшенням в'язкості розплаву зі збільшенням температури, що і створює сприятливі умови для осадження металу, який знаходиться у розплаві. При плавці ж шихти з 10 % вугілля підвищення температури від 800 до 1000 ⁰С веде до збільшення

кількості стибія в оборотному штейні від 2,42 до 4,13% за рахунок інтенсивного перемішування всієї маси розплаву, і тим самим погіршення ліквації.

Таблиця 1 – Фазовий аналіз сполук стибію у вихідному штейні і штейні, що утворився після плавки із антимонатом натрію у газовому середовищі азоту

№ п/п	Найменування №№ проб	Умови плавки			Одержано			
		Т, °С	Витрата вугілл	Sb заг.	Сполуки стибію, %			
					Мет.	Sb ₂ O ₃	Sb ₂ O ₄ Sb ₂ O ₅	Sb ₂ S ₃
1.	Вихідний штейн	-	-	6,36	5,06	0,03	0,33	0,94
2.	Штейн після плавки:							
	1	800	15	4,44	3,65	0,015	0,18	0,60
	2	900	15	4,38	3,8	0,03	0,12	0,43
	3	1000	15	3,37	2,92	н/о	0,12	0,33
	4	1000	10	4,13	3,31	0,03	0,12	0,67
	5	900	10	2,60	2,00	н/о	0,24	0,36
	6	800	10	2,42	1,97	0,03	0,06	0,36

Для з'ясування залежності вмісту стибія в оборотних штейнах від температури плавки і витрати відновника використовувався вихідний штейн із вмістом стибія 6,8 %.

Залежність вмісту заліза у чорновому металі від часу відновлювальної плавки антимонату натрію в розплаві штейну за температур 800, 900, 1000 °С свідчить про те, що з підвищенням температури збільшується вміст заліза у чорновому металі. При одночасному підвищенні температури і збільшенні тривалості плавки вміст заліза у чорновому металі може перевищити 10%. Проведення процесу в оптимальних умовах (800-900 °С) знижує вміст заліза в металі до 1 – 2%. Одночасно з цим досягається високий ступінь вилучення стибію, який дорівнює 92-93 %.

Досліджено залежність вмісту миш'яку, свинцю й олова у чорновому металі від часу проведення відновлювальної плавки антимонату натрію в розплаві штейну за температур 800-900 °С.

Аналіз даних показує, що вміст As, Pb, Sn у чорновому металі залежить від тривалості плавки. Домішки, як ми вважаємо, відновлюються вуглецем одночасно із стибієм. Цікаво що при 800⁰ спостерігається більше забруднення

металу домішками (As, Pb, Sn), чим при 900⁰C, що слід зв'язувати зі збільшенням леткості названих оксидів і швидкості їхнього відновлення.

Залежність вилучення стибію від часу відновлювальної плавки пилів ШПУ у штейнових розплавах визначалась для температур: 800, 1000, 1200 ⁰C і складу шихти (№ 3): пил ШПУ – 200 г, штейн – 60 г, вугілля 25 г /40 г для температури - 1200 ⁰C. Шихта плавилася у повітряному газовому середовищі над розплавом. За 800 ⁰C на протязі перших 15 хвилин відновлюються 10% стибія, при збільшенні тривалості плавки до 50 хвилин досягається максимальне вилучення 78-79 %. Подальше збільшення часу плавки приводить до деякого зниження прямого виходу металу. За температурі 1000⁰C максимальний вихід стибію 74-75 % досягається через 5 хвилин після початку плавки. Відносно низьке вилучення металу за 800 і 1000⁰C, очевидно, може бути пояснено недостатчею відновника у плавках, що веде до переходу значної частини стибія у шлак у вигляді оксигенвмісних сполук. Збільшення ж кількості відновника за цих температур робить розплав в'язким і не забезпечує повного вилучення стибію. Підвищення температури плавки до 1200⁰C дозволяє збільшити витрату відновника до 40 г і підвищити прямий вихід металу до 92-95 %. Установлено пряму залежність між виходом стибію у чорновий метал з пилу ШПУ, температурою і кількістю відновника. За 1200⁰C розплав відрізняється високою рухомістю, що сприяє чіткому розшаруванню продуктів плавки. Вміст стибію в оборотному штейні при цьому отримано 1,3 %, у відвальному шлаку 0,6%.

З метою співставлення результатів відновлювальних плавок у залежності від вмісту стибію у вихідній сировині проведений ряд плавок з пилами, що містять 68% Sb. При цьому кількість відновника у процентному співвідношенні до завантаженого металу залишалася такою ж, як і у випадку плавки більш бідних за стибієм пилів ШПУ. Плавки проводилися за температури 1200⁰C. При цьому за перші 10 хвилин відновилося приблизно 30, за 15 хвилин – порядку 40, за 20 хвилин – 85, за 30 хвилин – у середньому 96% стибію від загальної кількості металу у завантаженої шихті. Вміст стибію у продуктах плавки наступний (мас.%): у шлаку – 0,4, у штейні 0,8, що у два рази менше ніж у вихідному штейні. Як видно з приведених середніх результатів (див. таблицю 2) плавка багатого за стибієм пилу ШПУ у штейнових розплавах приводить до збільшення вилучення стибію у чорновий метал.

При відновлювальній плавці пилу чорновий стибій, як правило, забруднений залізом, свинцем, миш'яком й іншими домішками. Вміст заліза коливається від 0,1 до 1 %; вміст свинцю, миш'яку залежить від вмісту їх у вихідному пилу. Вилучення стибію у чорновий метал при плавці багатого на стибій пилу становить 80-90 %. Вміст стибію у шлаках, при роботі на чистий метал з нестачею відновника, досягає 20-25%; звичайно шлаки відновлювальної плавки містять 5-20 % стибію. Вихід шлаків залежить від вмісту стибію у вихідній сировині й коливається від 15 до 100 % до маси завантаженої стибієвої сировини.

Таблиця 2 - Співставлення даних плавок пилуШПУ, різних завмістом стибію

№ плавки	Завантажено					Отримано		
	Пил ШПУ		Штейн		Вугілля, г	ВмістSbу шлаку, %	ВмістSbу штейні, %	Вилучення Sb, %
	Фіз. маса, г	ВмістSb, %	Фіз. маса, г	ВмістSb, %				
1	100	50,0	30	1,6	12,5	0,5	1,1	95,0
2	100	50,0	30	1,6	12,5	0,6	1,3	92,0
3	100	50,0	30	1,6	12,5	0,8	1,5	93,0
1	100	68	30	1,6	17	0,4	0,8	95,0
2	100	68	30	1,6	17	0,6	0,7	96,0
3	100	68	30	1,6	17	0,5	0,9	97,0

Шлаки відновлювальної плавки не є відвальними. Залежно від прийнятої технологічної схеми останні направляють для довилучення з них стибію на відновлювальну плавку у шахтній печі або на повторну відновлювальну плавку у тих же відбивних печах, або їх додають у шихту осаджувальної плавки. Виніс стибію з газами становить 10-15%; при порушеннях режиму плавки він зростає до 40 %, тому печі відновлювальної плавки обов'язково обладнані пиловловлюючою системою.

На деяких заводах пил, що вміщує стибій, разом з рудою переробляється у шахтних печах. Оскільки у шахтній печі можна переробляти тільки шматковий матеріал (15-200 мм), то дрібний (у тому числі й пил) перед плавкою брикетується, тобто укрупнюється з добавкою в'язкої речовини –

вапна, глини й будівельних матеріалів. Паливом і відновником при шахтній плавці служить кокс. Як флюс для плавки застосовують вапняк, піритні недогарки або багату залізну руду. Плавку ведуть на одержання кислих шлаків із вмістом – 45 – 46 % кремнезему, 31 – 35 % оксиду кальцію й 15 – 20 % закису заліза. Витрата коксу на плавку 13 – 15 % від ваги шихти. Вихід стибію у чорновий метал коливається від 50 до 85 %. Шлаки містять менш одного відсотка стибію. Продуктивність печі 19 – 25 т шихти на 1 м² площі перетину у фурм.

Відновлювальна плавка антимонату натрію і стибійвмісного пилу у штейнових розплавах. Сировиною для досліджень служили: стибійвмісний пил відбивних печей, уловлений швидкісним пиловловлювачем (ШПУ), пил руднотермічної печі (РТП), уловлений у рукавному фільтрі, і антимонат натрію. Хімічний і фазовий склади оксидної сировини, що переробляється на металургійному заводі, представлені у таблицях 3 і 4.

Таблиця 3 – Хімічний склад оксидних стибієвих техногенних матеріалів

Речовини	Вміст, мас.%			
	В антимонаті натрію	В пилу швидкісного уловлювача (ШПУ)	В пилу руднотермічної печі	У возгонах трубчатої печі
1	2	3	4	5
Sb, заг.	45,4	54,0	55,0	72,7
Sb ₂ O ₃	–	–	–	3,0
Sb ₂ O ₄	44,9	–	–	14,7
Sb ₂ O ₅	0,3	–	–	8,6
Sb ₂ O ₃	0,2	–	–	0,1
As	0,70	0,80	0,63	1,53
Pb	0,35	0,70	0,32	–
Sn	0,30	0,13	0,15	–
Cu	0,03	–	–	–
Hg	–	–	0,09	–
SiO ₂	0,60	8,62	3,3	1,9
Fe ₂ O ₃	0,25	3,14	1,28	1,45
Al ₂ O ₃	–	4,8	4,3	–
CaO	1,10	10,55	5,94	0,67

Кінець табл. 3

1	2	3	4	5
MgO	0,50	2,36	1,12	1,52
Na ₂ O	11,35	5,02	15,11	–
S, заг.	0,35	–	–	1,0
Au, г/т	1,6	–	–	–
Ag, г/т	14,4	–	–	–
C	–	–	–	3,44
та ін.	–	–	–	4,37

Вміст стибію і домішок інших металів в антимонаті натрію, у пилах ШПУ і РТП, у сублиматах «КШ» стабільний, у сублиматах же обертової печі він коливається в залежності від складу руди, що переробляється, у межах 25-45 % Sb, 2-10 % As, 2-8 % Pb.

Таблиця 4 - Фазовий аналіз сполук стибію в оксидній стибієвмісній сировині (мас.%)

Найменування проб	Sb _{заг.} , %	Сполуки сурми							
		Sb ₂ O ₃		Sb ₂ O ₄		Sb ₂ O ₅		Sb ₂ S ₃	
		%	У % до заг.	%	У % до заг.	%	У % до заг.	%	У % до заг.
Пил ШПУ	68,52	50,0	72,95	9,96	14,53	7,38	10,77	1,18	2,25
Возгони «КШ»	33,9	30,0	88,49	1,0	2,96	2,0	5,90	0,9	2,65
Антимонат	45,6	0,3	0,88	0,3	0,88	45,0	98,34	-	-
Пил РТП	42,42	34,0	80,15	2,0	4,71	6,42	15,14	-	-

Проби антимонату натрію і пилу ШПУ перед приготуванням шихти висушувалися до вмісту вологи менш 3 %, а потім подрібнювалися до порошкоподібного стану. У якості відновника застосовувалося Кизил-Кійське кам'яне вугілля з вмістом вуглецю 79 % і крупністю 1 мм.

Для досліджень застосовувався умовно відвальний штейн руднотермічної печі наступного складу, (мас.%): 1-3 сурми, 0,2-0,5 миш'яку, 12-16 натрію, 30-45 заліза, 0,8-1,6 кремнію, 32-37 сірки.

Фазовий аналіз штейну Кадамджайського металургійного заводу показав, що стибій знаходиться у вигляді Sb_2S_3 , Sb_2O_3 , Sb_2O_4 , Sb_2O_5 , а також у вільному стані. Наявність оксидів стибію в штейні зв'язується з тривалим збереженням матеріалу на повітрі, у результаті чого значна кількість сульфїду стибія (III) окиснюється. Штейн складається з наступних мінералів: триолїту - FeS , піротину – $Fe_{n-1}S_n$, металевого стибія - Sb , антимонїту - Sb_2S_3 , кермезиту - $2Sb_2S_3Sb_2O_3$, халькопіриту, борніту, кавелїну, магнетиту, скла й інших нерудних матеріалів [4]. Переважними мінералами є триолїт і піротин, що займають 70-80 % площі шліфа. Вміст сірки в першому дорівнює 36,4 %, у другому 39-40 %.

Плавки проводилися в лабораторній електропечі типу ШП-1 і в укрупнено - лабораторній силтотвій електропечі. Температура в печах контролювалася платино - платинородїєвою термопарою. Плавки здїйснювалися як у відкритих так і в закритих шамотних, кварцових тиглях у газовому середовищі повітря й азоту. Плавки в середовищі азоту проводилися в лабораторній шахтній печі типу ШП-1. Азот подавався в пїч з балона через отвір у дні шахти, під розподільний ковпачок, виготовлений із шамоту. Через отвори діаметром 3 мм, розташовані по колу ковпачка, забезпечувався рівномірний струм азоту по всій шахті печі. Витрата азоту контролювалася реометром і дорівнювала 2 л/хв. При наважках пилу до 200 г плавки проводилися у шамотних тиглях ємністю 0,5 л, при наважках 600-1000 г – у кварцових тиглях ємністю 2 л.

Порядок приготування шихти. Сировина і вугїлля в заданих пропорціях ретельно перемїшувалися і переносилися у кульок з папера. Зверху шихти мїстився грудковий штейн крупністю до 40 мм, пїсля чого кульок завантажувався у тигель, розгрітий до 800-900 °С.

Кїнцем плавки вважався час припинення кипїння розплаву. Для кращого розподїлу металу штейну і шлаку розплав витримувався при заданій температурі протягом 3-5 хвилин. Потїм він виливався з тигля у сталеву посудину. Пїсля остигання продукти плавки роздїлялися, зважувалися і відбиралися для аналізу.

У пошукових дослїдах знайдений розчинник антимоната натрію і субліматів (пил ШПУ і РТП) – умовно відвальний металургїйний штейн РТП.

Ранїше дослїджувалися варїанти утилізації відвальних металургїйних штейнів: використання їх як електроліти для одержання металевого стибія з

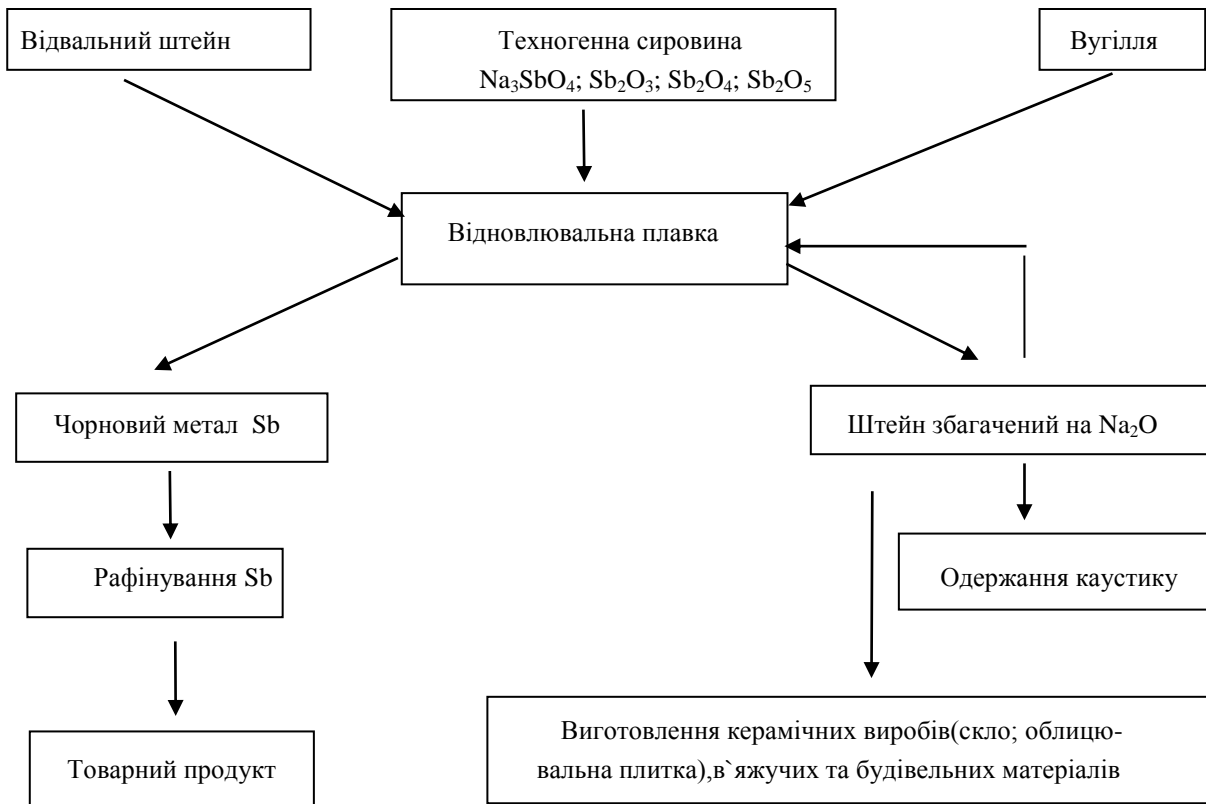
розплаву, застосування в якості флюсуючих добавок у різних електрохімічних процесах переробки оксидної стибієвої сировини. Ці дослідження обумовили постановку серії пошукових дослідів по осадженню стибію зі штейно-антимонатних розплавів чисто хімічним способом.

Штейни вихідний й отриманий після плавки мало відрізняються за складом. Маються лише незначні відхилення у бік зменшення процентного вмісту заліза, кремнезему, сірки у кінцевому продукті. Так, якщо у вихідному штейні заліза було 37,1% (середня проба), то після плавки кількість його зменшилася на 4%. Як видно, частина заліза зі штейну пішла на утворення шлаків. Вміст натрію залишився на рівні 12-16%. Цікаво відзначити те, що в окремих плавках штейн збіднюється по Sb на 30-50%. Суттєвим фактом є те, що відвальні шлаки, отримані після відновлювальної плавки пилу ШПУ у штейнових розплавах, різко відрізняються за вмістом шлакоутворюючих компонентів від звичайно прийнятих у стибієвому виробництві. Так, якщо осаджувальну плавку сульфідних стибієвих концентратів ведуть з розрахунком на одержання кислих шлаків із вмістом (мас. %): 40-45 кремнезему; 25-30 закису заліза, 15-20 оксиду натрію і 10-15 інших, тобто зі співвідношенням штейнових продуктів рівним 1:0,61:0,4, то при плавці пилу за новою технологією отримано більш кислі шлаки з іншим співвідношенням компонентів (мас. %): 41-45 кремнезему, 10-13 закису заліза, 3-5 оксиду натрію. У них відношення SiO_2 до суми основ у три-чотири разів вище, чим у плавках сульфідної стибієвої сировини. Шлаки за своїм складом і фізико-хімічними властивостями принципово відмінні від шлакоутворюючих компонентів, що застосовуються при осаджувальній плавці, і ніде раніше не описані. Це аргументується тим, що дотепер окрема переробка багаті на стибій оксигенвмісної сировини здійснювалася з орієнтуванням на одержання основних шлаків із вмістом сурми до 5-20 %, що є оборотними. Проведені дослідження дозволили розробити нову технологію відновлювальної плавки стибійвмісного пилу у штейнових розплавах з одержанням бідних на стибій кислих шлаків, які у подальшому, за вимогами, модифікуванням у електропечах доводяться за складом до необхідних кондицій.

Висновки

Технологічна схема переробки оксигенвмісної стибієвої сировини з одержанням додаткового товарного продукту у вигляді будівельних і в'язучих матеріалів за нашими дослідженнями має наступний вигляд:

Схема переробки техногенної оксидної стибієвої сировини



Література

1. Сурьма. /Под ред.С.М.Мельникова. – М.: Металлургия.- 1977. – 536 с.
2. Сажин Н.П. Сурьма. / Сажин Н.П. – М.: Металлургиздат. – 1941. – 152 с.
3. Копылов Н.И. Диаграммы состояния двойных и тройных тиосистем /Копылов Н.И., Лата В.А., Польшванний И.Р., Хегай Л.Д. – Алматы: Ин-т МиО. – 1997. – 178 с.
4. Ишанходжаев С. Химия сурьмы и свинца /Ишанходжаев С. – Ташкент: Фан. – 1984. – 152 с.
5. Шиянов А.Г. Производство сурьмы /Шиянов А.Г. – М.: Металлургиздат. – 1961. - 176 с.
6. Гудима Н.В. Краткий справочник по металлургии цветных металлов /Гудима Н.В., Шейн Я.П. - М.: Металлургия. – 1975. – 536 с.