УДК 669.712:661.8.712.36

Комплексное использование минерального сырья. № 2. 2013.

В.А. КОВЗАЛЕНКО, Н.М-К. САДЫКОВ, Л.А. МЫЛТЫКБАЕВА, Р.А. АБДУЛВАЛИЕВ, С.В. ГЛАДЫШЕВ, В.А. ПОЗМОГОВ*

АО «Центр наук о земле, металлургии и обогащения», г. Алматы,
*kovza40@mail.ru

КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА КВАРЦЕВОЙ РУДЫ ФТОРИДНЫМ МЕТОДОМ

Проведены исследования по определению химического, рентгенофазового и минералогического состава кварцевой руды. Изучен процесс спекания руды с гидродифторидом аммония, в результате которого происходит разделение шихты на газовую фазу в виде гексафторсиликата аммония и фтористых соединений алюминия, концентрирующиеся в твердой фазе спека. Представлена установка для спекания шихты, состоящая из высокотемпературной электропечи, стального реактора с газоотводной трубкой и конденсатора. Определены оптимальные технологические условия процесса спекания: температура, продолжительность, соотношение высококремнистой руды к фторирующему реагенту. Установлено, что при взаимодействии растворов гексафторсиликата аммония и аммиака происходит образование аморфного кремнезема, при этом использование концентрированного раствора аммиака наиболее оптимально. Определен технологический режим автоклавного выщелачивания спека и представлены результаты извлечения оксида алюминия.

Ключевые слова: кварцевая руда, гидродифторид аммония, спекание, гексафторсиликат аммония, аморфный кремнезем, автоклавное выщелачивание, оксид алюминия

Введение. В настоящее время наблюдается интенсивный рост различных отраслей промышленности, основанных на применении алюминия и соединений кремния. В Казахстане предусмотрено увеличение производства алюминия до 300 - 400 тысяч тонн в год. Также необходимо создание и развитие химической отрасли промышленности, базирующейся на получении соединений кремнезема, широко используемых в производстве резинотехнических и шинных изделий.

Современное производство алюминия основано на применении глинозема, который используется для получения алюминия электролитическим методом. Кроме того, глинозем применяется в качестве сырья в производстве абразивных огнеупорных материалов, для изготовления керамических резцов, при футеровке цементных печей, в качестве электроизолирующего материала.

Учитывая темпы роста алюминиевой промыщленности и отсутствие отечественного шинного производства в Казахстане, создание новых комплексных технологий для увеличения выпуска глинозема, получения соединений кремния является актуальной проблемой.

Мировые запасы качественных бокситов для производства глинозема ограничены и распределены очень неравномерно, поэтому интенсивно ведутся поиски расширения сырьевой базы глиноземной отрасли с ориентацией на более широкое использование низкокачественного, но более распространенного в природе алюмосиликатного сырья - кварцевых руд. Одновременно кварцевая руда является эффектив -

ным сырьевым источником для получения соединений кремния - гексафторсиликата аммония и аморфного кремнезема.

Казахстан обладает значительными запасами кварцевой руды, содержащей повышенное количество кремнезема от 50 до 80 % и оксида алюминия - порядка 15-20%.

Одним из месторождений кварцевой руды (Кусмурын) является мелкосопочный массив Улутау, расположенный в Центральном Казахстане на территории Жезказганского района. Руда представляет собой твердую породу, содержащую основные оксиды металлов и неметаллов переменного состава [1].

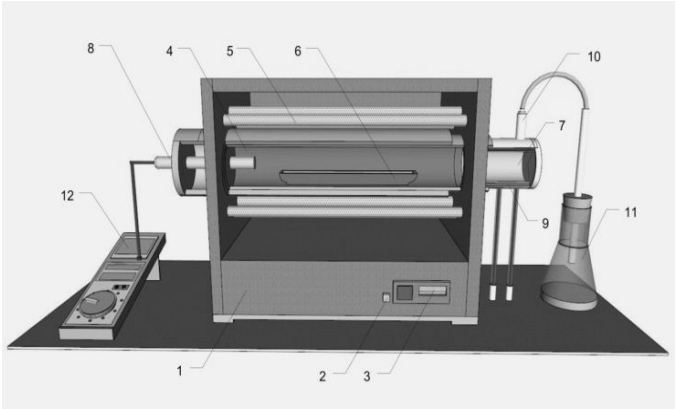
Кварцевая руда может служить сырьевым источником для ее переработки с целью получения гексафторсиликата аммония, аморфного кремнезема и глинозема.

Установлено, что в процессе спекания с целью вскрытия высококремнистых руд с разделением их на газовую фазу и нелетучие фторидные соединения, одним из эффективных фторирующих реагентов является гидродифторид аммония (NH_4HF_2) - продукт переработки отходящих газов суперфосфатных производств [2-3].

Реагенты. Кварцевая руда, гидродифторид аммония, растворы аммиака и едкой щелочи.

Гидродифторид аммония относится к токсичным веществам, но не ядовит, взрывобезопасен, пожаробезопасен по сравнению с фтором, фтористым водородом и фтористоводородной кислотой, не представляет существенной экологической опасности и становится эффективным фторирующим реагентом при нагревании [4].

Методика проведения эксперимента. Спекание осуществляли в высокотемпературной электропечи марки ПТ 0,75/12,5. Приготовленную шихту, взятую при соотношении высококремнистого сырья к гидродифториду аммония 1:2 истирали и помещали в лодочку реактора печи. Реактор изготовлен из нержавеющей стали марки 12Х18Н10Т и сообщается с газоотводной трубкой, к которой подсоединена охлаждающая емкость - конденсатор (рисунок 1).



1 - высокотемпературная электропечь; 2 - сетевой выключатель; 3 - электронный терморегулятор; 4 - реактор; 5 - электронагреватели; 6 - лодочка; 7 - конденсатор; 8 - фланец со штуцером; 9 - водяная рубашка; 10 - газоотводящий штуцер; 11 - абсорбционный приемник; 12 - контрольный термодатчик

Рисунок 1 - Установка для спекания шихты

Методы анализа. Концентрацию фтора определяли ионометрическим методом, аммиака и щелочи - титрованием. Идентификацию соединений в руде, спеке, шламе определяли полуколичественным рентгенофазовым, минералогическим и рентгенофлуоресцентным видами анализов.

Экспериментальная часть. Для лабораторных исследований в различных зонах мелкосопочного массива Улутау месторождения Кусмурын были отобраны пробы кварцевой руды. Отобранные пробы измельчали, тщательно перемешивали, высушили до постоянного веса при температуре 105°С и анализировали. Химический состав проб представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Химический анализ проб кварцевой руды месторождения Кусмурын

Пробы	Содержание, % (масс.)					
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	TiO_2	Na_2O
1	47,8	28,3	2,3	0,9	0,3	0,30
2	66,9	27,1	1,8	0,7	0,2	0,26
3	58,7	19,9	2,4	0,55	0,28	0,46
4	46,1	18,9	2,25	0,6	0,4	0,30
5	62,7	17,9	4,1	0,5	0,1	0,10

По результатам химического анализа видно, что состав отобранных проб значительно колеблется по содержанию SiO_2 (от 46,1 до 66,9 %) и Al_2O_3 (от 17,9 до 28,1).

Пробы усредняли и затем среднюю пробу подвергали химическому, рентгенофазовому и минералогическому видам анализов.

Химический анализ отразил следующее содержание компонентов в усредненной пробе, % (масс.): SiO_2 - 56,4; Al_2O_3 - 22,4; Fe_2O_3 - 2,57; CaO - 0,65; TiO_2 - 0,26; Na_2O - 0,28, т. е. в пробе содержится значительное количество оксидов кремния и алюминия.

Полуколичественный рентгенофазовый анализ, выполненный на аппарате D8 Advance (Bruker) с α - Co излучением, показал следующий состав кварцевой руды, %: кварца - SiO_2 - 47,2; мусковита - $KAl_2(OH, F)_2[Al\ Si_3O_{10}]$ - 16,4; каолинита - $Al_2O_3{\cdot}2SiO_2{\cdot}H_2O$ - 36,4.

Минералогический анализ подтвердил, что основными составляющими исходного сырья являются: кварц, каолинит, тонкодисперсный мусковит; также в небольшом количестве присутствуют гематит Fe_2O_3 (единичные мелкие зерна) и анатаз TiO_2 (единичные анизотропные зерна с высоким показателем преломления).

При переработке некондиционных высококремнистых руд основной проблемой является присутствие в них значительного количества оксида кремния. Оксид кремния является трудно вскрываемой составляющей, поэтому необходимо решить проблему его извлечения.

При использовании классических щелочных, сульфидных или хлорных технологий силикатные минералы трудно вскрываются [5].

Одним из способов вскрытия кварцевых руд для селективного извлечения кремнезема может быть термический фторидный метод. Главное преимущество фторидного метода - это экзотермический характер протекания химических реакций, вскрытие высококремнистых руд с разделением их на газовую фазу в виде соединений кремнезема и нелетучие соединения, в которых концентрируются фтористые соединения алюминия и фториды других металлов [3 - 4].

При спекании скорость процесса фторирования с применением гидродифторида аммония выше по сравнению с другими фтористыми соединениями из-за дополнительного атома фтора.

Обсуждение результатов. В процессе спекания, уже при температуре 110 ^{o}C, отмечено выделение газообразных веществ (паров воды и аммиака), которое возрастает с повышением температуры. Аммиак и пары воды, перешедшие в газовую фазу, улавливаются и поглощаются водным раствором. Продолжительность выделения данной газовой фазы длится в течение часа.

При дальнейшем нагревании шихты за счет увеличения температуры и различия в давлении паров образуется следующая газовая фаза - гексафторсиликат аммония - $(NH_4)_2SiF_6$, которая возгоняется. Возгонка гексафторсиликата аммония в газовую фазу идет практически полностью. Улавливание газа осуществляется в конденсаторе, где газ за счет принудительного охлаждения водяной рубашкой интенсивно конденсируется с переходом в твердое состояние.

Реакция спекания выглядит следующим образом:

$$SiO_2 + 3NH_4HF_2 = (NH_4)_2 SiF_6 + NH_3 + 2H_2O \qquad (1)$$

Исходя из экспериментальных данных установлено, что наиболее эффективный технологический режим спекания следующий: температура - 550°C; время выдержки 120 мин; соотношение высококремнистого сырья к гидродифториду аммония 1:2. Извлечение кремнезема в газовую фазу с образованием гексафторсиликата аммония в этих условиях достигает 98,6 %.

Конденсат представляет собой кристаллообразный продукт белого цвета. Среднее химическое содержание пробы гексафторсиликата аммония составляет, % (масс.): SiO_2 - 27,9; NH_4 - 17,8; F - 57,0; Fe_2O_3 - 1,5; CaO - 0,3; TiO_2 - 0,035; Al_2O_3 - 0,22.

Рентгенофазовый полуколичественный анализ конденсата отразил монофазу гексафторсиликата аммония.

Гексафторсиликат аммония - сырье для получения аморфного кремнезема (белая сажа), который используется в качестве усиливающего наполнителя синтетических и полимерных материалов в химической, шинной, бумажной, пищевой, фармацевтической и других отраслях промышленности [6].

Установлено, что гексафторсиликат аммония хорошо растворяется в воде, поэтому для удаления посторонних примесей конденсат подвергался растворению. Причем, для лучшего растворения конденсата пульпа нагревалась до 80 ^{o}C и перемешивалась в течение 20 мин.

Растворение гексафторсиликата аммония протекает согласно реакции:

$$(NH_4)_2SiF_6 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 + TiO_2 + CaO + H_2O =$$
$$= (NH_4)_2SiF_6 + Fe_2O_3\downarrow + Al_2O_3\downarrow + TiO_2\downarrow + CaO\downarrow + H_2O \qquad (2)$$

В результате нерастворимые примеси в виде шлама выпадают в осадок. Последующей фильтрацией чистый водный раствор гексафторсиликата аммония отделяется от нерастворившихся примесей [7].

Для осаждения аморфного кремнезема отфильтрованный водный раствор гексафторсиликата аммония состава, г/дм^3: SiO_2 - 35,0; F - 68,0; NH_4 - 14,65 смешивался с водным раствором аммиака с концентрацией 26,0 и 13,0 % NH_3 до pH = 8 - 9. Смешивание осуществлялось при комнатной температуре.

Реакция взаимодействия раствора гексафторсиликата аммония с водным раствором аммиака выглядит следующим образом:

$$(NH_4)_2SiF_6 + 4NH_4OH = SiO_2\downarrow + 6NH_4F + 2H_2O \qquad (3)$$

При анализе результатов экспериментов установлено, что при взаимодействии растворов гексафторсиликата аммония и аммиака образование аморфного кремнезема протекает практически мгновенно, причем использование более концентрированного раствора аммиака - 26 % при соотношении растворов 2 : 1 наиболее оптимально. При этом степень извлечения диоксида кремния из раствора достигает 98,75 %.

После выпадения аморфного кремнезема, его фильтрации и промывки полученный оксид кремния подвергался сушке, а затем для удаления кристаллизационной воды и концентрирования основного продукта - аморфного кремнезема - прокаливанию при температуре 200°C.

При прокаливании изменяется форма связи воды с SiO_2 - от прочной химической и координационной до слабой адсорбционной [8].

Результаты рентгенофазового анализа показали, что полученный после термообработки аморфный кремнезем представляет собой химически чистый ультрадисперсный порошок. Это бесцветная, рентгеноаморфная монофаза - β-SiO_2 (изотропный дисперсный кристобалит с показателем преломления N ~ 1,480) (рисунок 2).

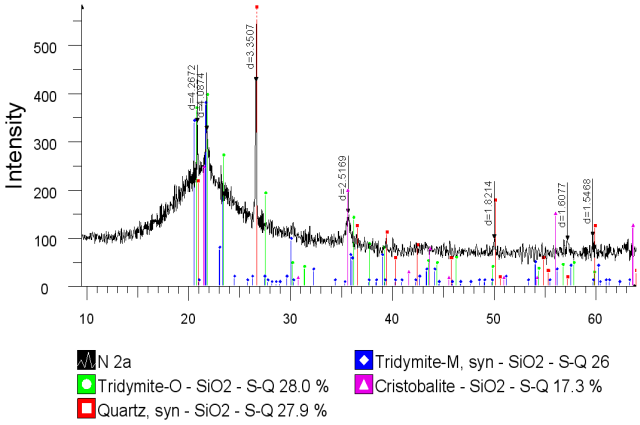


Рисунок 2 - Дифрактограмма рентгенофазового анализа аморфного кремнезема после прокалки

Результаты рентгенфлуоресцентного анализа аморфного кремнезема показали наличие в его составе оксида кремния - SiO_2 - 96,0 % и в малом количестве примесных компонентов, % (масс.): FeO_2 - 0,16; AlO_2 - 0,15; CaO - 0,033; TiO_2 - 0,1, что соответствует маркам белой сажи - БС-100, БС-120 (ГОСТ 18307-78) [9].

При спекании другие компоненты кварцевой руды подвергаются термическому разложению с образованием нелетучих фтористых соединений. Фтор за счет близости ионных радиусов изоморфно замещает ионы кислорода в соединениях высококремнистого сырья, что способствует увеличению степени их гидролитической диссоциации и разделению системы на нелетучие фторидные соединения алюминия, железа, кальция и титана, которые концентрируются в твердой фазе спека [2, 10].

$$Al_2O_3 + 3NH_4HF_2 = 2AlF_3 + 3NH_3 + 3H_2O \quad (4)$$

$$Fe_2O_3 + 3NH_4HF_2 = 2FeF_3 + 3NH_3 + 3H_2O \quad (5)$$

$$CaO + NH_4HF_2 = CaF_2 + H_2O + NH_3 \quad (6)$$

$$TiO_2 + 3NH_4HF_2 = (NH_4)_2TiF_6 + 2H_2O + NH_3 \quad (7)$$

Спек после охлаждения измельчается и анализируется. Его средний химический анализ показал следующее содержание компонентов, масс %: SiF_4 - 0,9; AlF_3 - 19,7; FeF_3 - 13,8; CaF_2 - 7,7; TiF_4 - 1,9; NH_4 - 0,65.

Отмечено, что содержание фторидов алюминия и железа в спеке в зависимости от продолжительности процесса спекания повышается. Так, через 30 минут содержание AlF_3 составляло 15,5 %, FeF_3 - 12,8 %; через 120 мин - AlF_3 - 19,7 %, FeF_3 - 13,8 %.

Проведен полуколичественный рентгенофазовый анализ спека, результаты которого отразили следующий состав фаз, %: AlF_3 - 14,7; Ca_2AlF_7 - 22,8; $CaAlF_5$ - 20,5; FeF_3 - 1,9; CaF_2 - 4,8; AlO(OH) - 6,8; $FeSi_2$ - 23,6.

Рентгенофлуоресцентный анализ показал следующее содержание компонентов в усредненной пробе спека, %: Si - 2,31; Al - 14,91; Fe - 7,67; Ti - 0,78; Ca - 6,7; Na - 2,85; S - 0,111; F - 18,5.

Таким образом, в твердой нелетучей фазе спека основным компонентом является фторид алюминия. Также, присутствуют и другие фтористые соединения [10].

С целью получения беспримесного оксида алюминия необходимо удаление посторонних примесей железа, кальция и титана, что достигается последующим щелочным выщелачиванием спека.

Выщелачивание спека было осуществлено в автоклавных условиях при различной температуре 110 и 280°С и концентрации едкой щелочи - Na_2O - 186,6 г/дм^3.

Определено, что в результате двухчасового выщелачивания спека щелочным раствором при температуре 280°С оксид алюминия наиболее эффективно растворяется и переходит в раствор, нерастворимые примеси остаются в осадке.

Отфильтрованный щелочно-алюминатный раствор с содержанием, г/дм^3: $Na_2O_к$ - 34,0; Al_2O_3 - 33,9; SiO_2 - 0,2; $\alpha_к$ - 1,65 подвергается процессу декомпозиции, а нерастворимый осадок направляется в производство строительных материалов.

В результате декомпозиции щелочно-алюминатный раствор разлагается с вы -

падением гидроксида алюминия, а маточный раствор направляется в производство алюминия на приготовление криолита.

Выпавший гидроксид алюминия промывается и подвергается кальцинации. Проведенный после кальцинации рентгенофлуоресцентный анализ полученного оксида алюминия показал следующий состав, % (масс.): Al_2O_3 - 99,5; Na_2O - 0,28; SiO_2 - 0,15; Fe_2O_3 - 0,028.

Полученный оксид алюминия соответствует марки ГОО, отвечает требованиям ГОСТ - 30588 - 98 и направляется на получение электролитического алюминия.

Выводы. Фторидный метод переработки кварцитовых руд отвечает требованиям комплексной технологии, способствует вскрытию сложных высококремнистых пород для извлечения гексафторсиликата аммония, получения аморфного кремнезема и оксида алюминия. Переработка кварцевого сырья фторидным способом позволит расширить сырьевую базу для шинной, химической и алюминиевой промышленности Казахстана.

ЛИТЕРАТУРА

1 Интрузивный магматизм и метасоматические образования Казахстана. //*Труды Института геологических наук АН Каз.ССР.* Алма-Ата: Наука, 1968. - *Т. 25.*

2 Римкевич В.С., Пушкин А.А., Маловицкий Ю.Н., Демьянова Л.П., Гиренко И.В. Изучение процессов фторидной переработки небокситовых руд. //Журнал прикладной химии. - 2009. - Т. 82. Вып. 1. - С. 8.

3 Ковзаленко В.А., Садыков Н.М-К., Бейсембекова К.О., Абдулвалиев Р.А., Гладышев С.В. Изучение переработки некондиционного глиноземсодержащего сырья методом фтори рования //Комплексное использование минерального сырья. - 2012. - № 2. - С. 54 - 62.

4 Римкевич В.С., Пушкин А.А., Маловицкий Ю.Н., Еранская Т.Ю., Гиренко И.В. Комплексная переработка каолиновых концентратов способом фторидной металлургии. //Известия вузов. Цветная металлургия. - 2010. - № 2. - С. 29 - 36.

5 Дьяченко А.Н., Андреев А.А. Буйновский А.С., Крайденко Р.И. Переработка алюмосиликатных руд фторидным методом //Новые огнеупоры. - 2006. - № 5. - С. 8 - 11.

6 Инновац. пат. 26588 РК. Способ получения гексафторсиликата аммония /Ковзаленко В.А., Садыков Н.М-К., Бейсембекова К.О., Мылтыкбаева Л.А., Гладышев С.В., Абдулвалиев Р.А; опубл. 25.12.12. Бюл. № 12.

7 Ковзаленко В.А., Садыков Н.М-К. БейсембековаК.О., Гладышев С.В., Абдулвалиев Р.А. Переработка высококремнистых бокситов с использованием фторидной технологии // Современные ресурсосберегающие технологии. Проблемы и перспективы: Матер. II-ой Междунар. научно-практич. конф., Одесса. 2012. - С. 9 - 16.

8 Нестеров Д.П., Макаров Д.В. Возможности фторидной металлургии в комбинированных технологиях руд и концентратов //Труды института химии и технологии редких элементов и минерального сырья, Апатиты, 2007. - С. 40.

9 Ковзаленко В.А., Н.М-К. Садыков, Г.М. Букунев, К.О. Бейсембекова, Л.А. Мылтыкбаева. Исследование процесса спекания некондиционного глиноземсодержащего сырья с фторидными соединениями //Инновационные разработки в горно-металлургической отрасли: Матер. VI Междунар. конф., Усть-Каменогорск, 2011. - С. 279 - 283.

10 Еранская Т.Ю., Римкевич В.С., Маловицкий Ю.Н. Аппаратурное оформление химико-металлургического способа получения глинозема и кремнезема из небокситовых руд.

//Химическая технология. - 2010. - № 7. - С. 443 - 448.

REFERENCES

1 Trudy Instituta Geologicheskih Nauk AN Kaz.SSR, *Alma-Ata: Nauka,* **1968.** *T. 25* (in Russ.).

2 Rimkevich V.S., Pushkin A.A., Malovickij Ju.N., Dem'janova L.P., Girenko I.V. *Zhurnal prikladnoj himii,* **2009,** *v. 82. vyp. 1*, 8 (in Russ.).

3 Kovzalenko V.A., Sadykov N.M-K., Bejsembekova K.O., Abdulvaliev R.A., Gladyshev S.V. *Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ja. Almaty,* **2012,** *2*, 54 - 62 (in Russ.).

4 Rimkevich B.C., Pushkin A.A., Malovickij Ju.N., Eranskaja T.Ju., Girenko I.V. Izvestija vuzov. *Tsvetnaja metallurgija,* **2010,** 29 - 36 (in Russ.).

5 D'yachenko A.N., Andreev A.A. Bujnovskij A.S., Krajdenko R.I. *Novye ogneupory.* **2006,** 5. 8 - 11 (in Russ.).

6 Innov. patent 26588 KZ. Kovzalenko V.A., Sadykov N.M-K., Bejsembekova K.O., Myltykbaeva L.A., Gladyshev S.V., Abdulvaliev R.A., **25.12.2012,** *12* (in Russ.).

7 Kovzalenko V.A., Sadykov N.M-K. BejsembekovaK.O., Gladyshev S.V., Abdulvaliev R.A. *II-ja Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija Sovremennye resursosberegajushhie tehnologii. Problemy i perspektivy. Odessa,* **2012,** 9 - 16 (in Russ.).

8 Nesterov D.P., Makarov D.V. *Trudy Instituta himii i tehnologii redkih jelementov i mineral'nogo syr'ja. Apatity.* **2007,** 40 (in Russ.).

9 Kovzalenko V.A., N.M-K. Sadykov, G.M. Bukunev, K.O. Bejsembekova, L.A. Myltykbaeva. *Innovacionnye razrabotki v gorno-metallurgicheskoj otrasli. Mater. VI Mezhdunar. Konf. Ust'-Kamenogorsk,* **2011,** 279 - 283 (in Russ.).

10 Eranskaya T.Ju., Rimkevich V.S., Malovickij Ju.N. *Himicheskaya tehnologiya,* **2010,** *7,* 443 – 448 (in Russ.).

Түйіндеме

Алюминий тотығы бар шикізаттың химиялық құрамын, рентгенофазалық құрамын және минералогиялық құрамын анықтау жөнінде зерттеу жүргізілген. Алюмосиликатты шикізаттарды аммоний бифторидімен пісіру арқылы құрамында аммоний гексафторсиликаты және аммоний фториді шоғырланған қатты және газ фазасын алу үрдісі зерттеді. Газ шығару түтігі бар құрыштан жасалған реактор және конденсатордың 0,75/12,5 таңбалы ПТ жоғары температуралы электр пешінің қондырғысы құрастырылды. Фторлау барысының оңтайлы шарттары анықталды: температура, ұзақтық, жоғарыкремнийлі алюминий тотықты шикізаттың фторлау реагентіне қатынасы. Пісіріндіні автоклавтық ерітінділеудің технологиялық режимі мен алюминий тотығын алу нәтижесі көрсетілген.

Түйін сөздер: жоғарыкремнийлі алюминий тотықты шикізат, аммоний бифториді, пісіру, алюминий гексафторсиликаты, автоклавты ерітінділеу, алюминий тотығы

Summary

Studies to determine the chemical, roentgen-phase and mineralogical composition of high-silicon alumina were conducted. The process of sintering of aluminosilicate materials with ammonium bifluoride, contributing to the separation of raw materials to the gas phase in the form of ammonium fluorosilicate and aluminum fluoride, concentrated in the solid phase of sinter was investigated. Apparatus for charge sintering consisting of high-temperature electric furnace, steel reactor with gas offtake tube and the vapour condenser was mounted. The optimum technological conditions of the sintering process: temperature, duration, ratio of high-silicon aluminous raw material to fluorinating reagent were determined. It is established, that formation of amorphous silica takes place at interac -

tion of solutions of ammonium hexafluorine silicate with ammonia, and use of ammonia concentrated solution is more optimal in this case. The cake autoclave leaching technological regime was determined and results of alumina recovery are presented

Keywords: quartz ore, ammonium bifluoride, sintering, ammonium hexafluorine silicate, autoclave leaching, alumina, amorphous silica

Поступила 14. 05. 2013.

УДК 669.283:822.053.4

Комплексное использование минерального сырья. № 2. 2013.

Т.Ю. СУРКОВА[1], А.П. ДУЛЕНИН[2], М.Б. БАРМЕНШИНОВА[3], С.Б. ЮЛУСОВ[1], Д.А. БЕЙСАХМЕТОВ[1]*

[1]АО «Центр наук о земле, металлургии и обогащении», г. Алматы, *tu-surkova@mail.ru
[2]ТОО «Степногорский горно-химический комбинат», г. Степногорск, adulenin@mail.ru
[3]Казахский национальный технический университет им. К.И. Сатпаева, г. Алматы

СОПУТСТВУЮЩЕЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ МОЛИБДЕНА ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ НЕКОНДИЦИОННЫХ УРАНСОДЕРЖАЩИХ РУД

В слабокислых растворах молибден находится в виде полианионов и сорбция его на анионитах из этих сред проходит с большей эффективностью, чем из карбонатных и нейтральных растворов. Нами была изучена зависимость изменения сорбционной емкости ионита А-500 от pH раствора в интервале значений от 1 до 7. Установлено, что наиболее эффективно молибден сорбируется при pH 4,0-5,0. Выщелачивание руды в данном интервале позволяет перевести в раствор 70-80 % молибдена, оставшийся выщелачивается вместе с ураном при pH 2,4-2,6. С целью определения параметров хлоридно-щелочной десорбции молибдена изучена кинетика процесса в сравнении с используемой в настоящее время в производственных условиях содово-хлоридной. Установлено, что щелочно-хлоридные растворы обладают более высокой скоростью десорбции молибдена по сравнению с содово-хлоридными. Молибден наиболее полно элюируется при концентрации хлорида натрия свыше 30 г/дм^3. Оптимальной концентрацией щелочи в элюирующих растворах следует считать 30-40 г/дм^3.

Ключевые слова: молибден, некондиционная урансодержащая руда, сорбция, десорбция, ионит

Введение. Особенностью урановых месторождений Казахстана является большое разнообразие типов по минералогическому и физико-химическому составам. Многие урановые месторождения являются комплексными, так как содержат такие ценные компоненты как молибден, цирконий, ванадий, вольфрам, скандий, рений и другие. При этом часто содержание сопутствующих ценных элементов в урановых рудах находится в пределах нескольких граммов на 1 т. Тем не менее, применение сорбционно-экстракционных методов позволяет извлечь их, очистить и выделить в виде чистых соединений. Выделение ценных компонентов в попутную продукцию способствует удешевлению производства урана, а руды, из которых их извлекают - представляют интерес для существенного расширения минерально-сырьевой базы получения ценных металлов. Как правило, основным сопутствующим