after WMTC leaching takes place at addition of carnallite scheme's magnesium electrolyzer slime (CSMES) with size 1+0,5 mm and continuous refinement furnace's slime (CRFS) with size 2+0,5 mm. The solutions were more purified from foreign components at joint leaching of WMTC with CRFS. An optimum percentage ratio was determined WMTC:CRFS = 70:30. Stoichiometric ratio $KCl/MgCl_2$ in the solution in this case was 3,76.

Key words: synthetic carnallite, solid chloride waste, leaching, potassium chloride, magnesium chloride, titanium and magnesium production.

Поступила 29. 03. 2013.

УДК 66. 27. 092 : 532. 7

Комплексное использование минерального сырья. № 2. 2013.

А.Т. ШОИНБАЕВ, Г.Ш. ЯР-МУХАМЕДОВА, К.К. КАСЫМЖАНОВ, Д.Р. БАБАЖАНОВ, Б.Н. БАРКЫТОВА*

АО «Центр наук о земле, металлургии и обогащения», г. Алматы
*gulmira-alma-ata@mail.ru

КИНЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗЛОЖЕНИЯ ШЕЕЛИТОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ АВТОКЛАВНО-КАРБОНАТНЫМ СПОСОБОМ

В статье приведены результаты кинетических исследований разложения шеелитовых концентратов автоклавно-карбонатным способом. Исследования проводили в температурном интервале 368-523 К, перемешивание 100-400 об/мин. Для определения зависимости степени выщелачивания вольфрама из шеелита использовали растворы карбоната натрия, моль/дм^3: 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5. Установлено, что с ростом концентрации карбоната натрия степень выщелачивания возрастает и уже при концентрации 1,5 - 2,0 моль/дм^{3}достигается быстрое, в течение 45 - 60 минут (82,3-90,2%), и практически полное выщелачивание вольфрама (95,2-99,3 %) за 2 часа. Для взаимодействия WO_3 с раствором Na_2CO_3 отмечен кинетический режим. В этом случае практически отсутствует градиент концентрации карбоната натрия у поверхности оксида. Очевидно, усиление гидролиза связано с тем, что взаимодействию оксидов с реагентом-растворителем предшествует гидратация их поверхности. В сорбированных молекулах воды из-за их взаимодействия с поверхностью оксида происходит ослабление внутримолекулярных связей. Вследствие этого гидролиз поступающих к гидратированной поверхности оксидов ионов CO_3^{2-} протекает более полно.

Ключевые слова: шеелит, автоклавное разложение, вольфрам, концентрат, кинетика, карбонат натрия

Введение. Представитель аналитической фирмы Metal China на проходившем в Китае форуме по проблемам вольфрамовой, молибденовой и ванадиевой промышленности отметил, что ежегодное мировое потребление вольфрама возрастает в среднем на 10% [1]. Данные, полученные в результате исследования, проведенного компанией Vital Metals, говорят о том, что мировое производство должно увеличиться с текущих 81,2 тыс. т до 109,328 за три года [2]. Существующее в настоящее время производство ограничено и неспособно удовлетворить увеличивающийся спрос. В связи с этим разработка и исследование технологии получения вольфрама, учитывающей особенности конкретного месторождения, является актуальной проблемой.

Наиболее распространенный способ переработки вольфрамовых концентратов на заводах США, Японии, Великобритании, ФРГ, Австрии, России и в других странах – автоклавно-карбонатный процесс [3-9]. По сравнению со способом спекания автоклавно-содовое разложение вольфрамового сырья обладает рядом преимуществ, которые состоят в исключении печного процесса, предшествующего выщелачиванию, и несколько меньшим содержанием примесей (особенно фосфора и мышьяка) в вольфраматных растворах. Извлечение вольфрама в конечную продукцию составляет 90-94%. Кроме того, способ применим к вскрытию не только стандартных концентратов, но и низкосортных промпродуктов и хвостов обогащения, содержащих 4—5 % WO_3 [10-12].

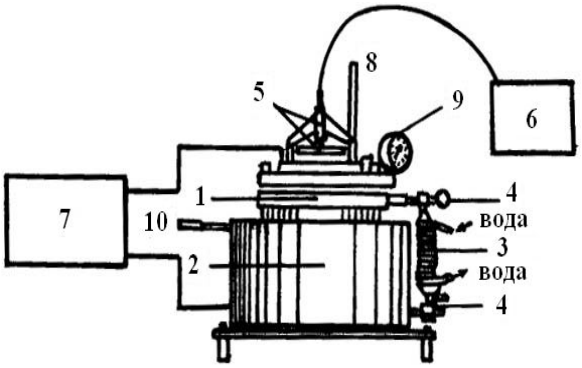
Целью настоящей работы является исследование и уточнение кинетических характеристик разложения автоклавно-карбонатным способом шеелита, полученного из руды Северный Катпар.

Экспериментальная часть. Исходный концентрат предварительно измельчали в планетарной мельнице «Активатор 4М». Навеска концентрата в количестве 0,2 кг отмывалась водой от тонкодисперсной фракции на сите с размером ячеек 18 меш, через которое прошли частицы концентрата размером не более 0,853 мм. Отмытая фракция и пески высушивались при 378К и взвешивались. Высушенные пески рассевались на пять классов по крупности, и каждый из них взвешивался и анализировался на содержание основных компонентов. Результаты исследований представлены в таблице 1, из данных которой следует, что выход средних классов (0,152÷0,066 мм) составляет ~30% и содержание в них триоксида вольфрама достигает 55%, остальные компоненты довольно равномерно распределяются по всем классам крупности. Для исследования кинетики использованы частицы материалов крупностью 0,152÷0,066 мм.

Таблица 1 - Фракционный состав, установленный методом рассева на ситах различной перфорации ситового и результаты химических анализов шеелитового концентрата

Класс крупности, мм	Размеры ячеек сита, меш	Выход класса, %	Содержание компонентов, %					
			WO_3	SiO_2	CaO	Al_2O_3	P	As
Исходный концентрат ≤ 0,853	18	100,0	48,7	4,2	27,0	1,3	0,53	0,29
< 0,853 ÷0,152	100	2,27	49,1	7,1	20,28	1,26	0,20	0,15
< 0,152÷0,104	150	6,11	55,0	5,3	22,5	1,51	0,61	0,21
< 0,104÷0,076	200	14,1	55,0	4,8	22,1	1,32	0,70	0,25
< 0,076÷0,066	240	7,24	54,5	4,0	25,6	0,96	0,56	0,30
< 0,066÷0,044	350	11,2	54,2	3,8	30,4	1,1	0,60	0,25
Тонкодисперсная фракция < 0,044	-	58,42	47,0	4,15	27,88	1,9	0,49	0,34
Потери	-	0,66	–	–	–	–	–	–
Итого (расчетное)	-	100,0	48,9	4,3	26,5	1,26	0,52	0,3

Выщелачивание проводили в лабораторной автоклавной установке, схема которой представлена на рисунке 1. Температура регулировалась потенциометром КСП - 4 с точностью ± 1 К. Перемешивание осуществлялось механической мешалкой с магнитным приводом со скоростями 100-400 об/мин. Исследования проводили в температурном интервале 368-523К. Во всех опытах навеску брали по 0,02 кг, объем раствора карбоната натрия равнялся 0,1 дм^3. Использовали растворы карбоната натрия, моль/дм^3: 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5.



1−реактор; 2−нагреватель; 3−охлаждаемый пробоотборник; 4−вентили; 5−магнитная система и механическая мешалка с гибким валом; 6−привод к механической мешалке; 7−блок управления нагревом с потенциометром КСП-4; 8−термометр; 9−манометр; 10−предохранительный клапан

Рисунок 1 − Лабораторная автоклавная установка

Обсуждение результатов. Для определения зависимости степени выщелачивания вольфрама из шеелита растворами карбоната натрия от температуры использовали 1,5 моль/дм^3 раствор карбоната натрия. Продолжительность выщелачивания 90 минут. Из полученных результатов видно (рисунок 2), что при низких температурах реакция протекает очень медленно и на начальной стадии определяется химическим актом:

$$CaWO_4\ (тв) + Na_2CO_3\ (раств) \rightarrow Na_2WO_4\ (раств) + CaCO_3\ (тв) \qquad (1)$$

Кинетика гетерогенной реакции рассматриваемого типа складывается из ряда последовательных стадий: переноса реагента из объема раствора к поверхности твердой фазы через пограничный слой жидкости; диффузии реагента через слой твердого продукта реакции (слой $CaCO_3$ на частицах шеелита); химической реакции на поверхности шеелита; переноса продукта реакции (Na_2WO_4) в объем раствора. Исследования кинетики взаимодействия шеелита с растворами соды в интервале 423-473К показали, что пленки $CaCO_3$ пористые и вплоть до толщины 110 мкм не влияют на скорость процесса. Пористость пленки объясняется тем, что молярный объем $CaCO_3$ меньше молярного объема $CaW0_4$ (отношение молярных объемов равно 0,75). При интенсивном перемешивании, 350-400 об/мин., взаимодействие протекает в кинетической области.

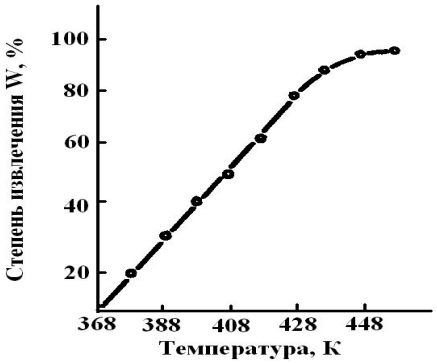
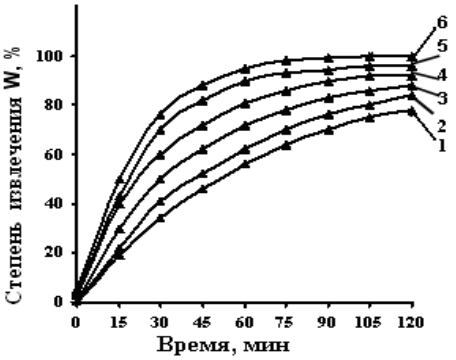


Рисунок 2- Зависимость степени выщелачивания шеелита от температуры процесса

С повышением температуры скорость химических реакций увеличивается и становится больше скорости диффузии, то есть определяющая стадия– диффузионная. Изменение механизма реакций с химического на диффузионный с повышением температуры вызвано осаждением карбоната кальция на поверхности шеелита и гидроксид – ионов, образующихся в результате гидролиза карбонат – ионов.

Определение зависимости скорости выщелачивания шеелита от концентрации карбоната натрия проводили при температуре 368К, продолжительности выщелачивания 15 - 120 минут и концентрации карбоната натрия, моль/дм^3: 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5; и 2,0. Анализ кинетических кривых показал (рисунок 3), что при концентрации карбоната натрия, равной: 0,5; 0,75; 1,0; 1,25 моль/дм^3, процесс выщелачивания протекает недостаточно полно. В течение 120 минут при низких концентрациях карбоната натрия (0,5 - 1,25 моль/дм^3) и температуре 368К успевает прореагировать около 70-90% вольфрама, подвергающегося выщелачиванию в данных условиях. С ростом концентрации карбоната натрия степень выщелачивания возрастает и уже при концентрации (1,5 -2,0 моль/дм^3) достигается быстрое за 45 -60 мин (82,3-90,2%), и практически полное (95,2-99,3 %) выщелачивание вольфрама за 2 часа.



концентрации карбоната натрия, моль/дм^3: 1-0,5; 2-0,75; 3-1,0; 4-1,25; 5-1,5 и 6-2,0

Рисунок 3 - Кинетическая кривые взаимодействия шеелита с растворами карбоната натрия

При описании кинетики выщелачивания, протекающего в диффузионной области, необходимо учитывать зависимость скорости от степени выщелачивания, обусловленную изменением толщины слоя образующегося твердого продукта. Наиболее точно зависимость степени реагирования от продолжительности процесса, скорость которого ограничена внутренней диффузией, описывается уравнением Валенси [8]:

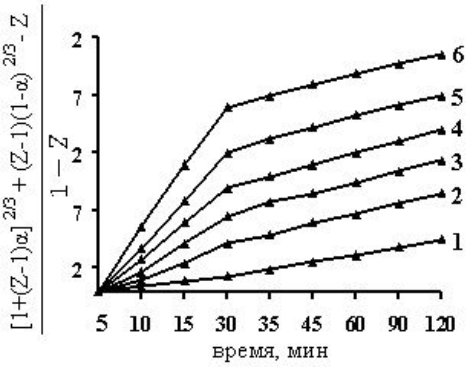
$$\frac{[1+(Z-1)\alpha]^{2/3} + (Z-1)(1-\alpha)^{2/3} - Z}{1-Z} = K\tau, \qquad (2)$$

в котором Z –отношение объемов образовавшегося твердого продукта и прореагировавшего исходного вещества, т.е. величина, равная критерию Пилинга– Бедвордса.

В результате математической обработки полученных данных, на основании которых были построены кинетические кривые, оказалось, что процессы выщелачивания шеелита растворами карбоната натрия хорошо описываются уравнением Валенси, дающим прямолинейные зависимости от времени выщелачивания (рисунок 4).

Из рисунка 4 видно, что, начиная с концентрации карбоната натрия, равной 0,75 моль/дм^3 и выше, при выбранных условиях на прямых наблюдаются переломы и вторая часть прямых является более пологой. Характерно, что точки перелома на прямых соответствуют начальному моменту выпадения образующегося карбоната кальция при выщелачивании шеелита растворами карбоната натрия. Этот момент определяется аналитическими и микроскопическими методами.

С помощью уравнения Валенси рассчитали константы скорости реакций для различных температур в интервале 298 - 368К. Для определения порядка реакций растворения шеелита растворами карбоната натрия рассмотрены зависимости скорости реакции от концентрации растворов карбоната натрия, от времени при различных температурах и начальных концентрациях карбоната натрия. Скорость выщелачивания определяли как тангенс угла наклона касательной к каждой кривой при R = 0,5 (50 %) ($\frac{dR}{d\tau}$ = tgβ).



концентрации карбоната натрия, моль/дм^3: 1-0,5; 2-0,75; 3-1,0; 4-1,25; 5-1,5; 6-2,0

Рисунок 4 - Зависимость $\frac{[1+(Z-1)\alpha]^{2/3} + (Z-1)(1-\alpha)^{2/3} - Z}{1-Z}$ от τ

Время достижения 50%-го извлечения вольфрама в раствор в зависимости от концентрации карбоната натрия составляет соответственно 45 минут для 0,5 моль/л Na_2CO_3; 40 минут для 0,75 моль/л Na_2CO_3; 35 минут для 1,0 моль/л Na_2CO_3; 28 минут для 1,25 моль/л Na_2CO_3; 20 минут для 1,5 моль/л Na_2CO_3 и 15 минут для 2,0 моль/л Na_2CO_3.

Порядок реакции определяли из построения зависимости $\lg(dR/d\tau) = f(\lg C_{Na2CO3})$, где R – степень разложившегося вещества 0< R<1 - суммарная доля выщелачивания вольфрама; τ - продолжительность взаимодействия; C_{Na2CO3} - концентрация Na_2CO_3. Установлено, что экспериментальные точки ложатся на прямую, проходящую через начало координат (рисунок 5). Следовательно, процесс может быть описан уравнением реакции первого порядка.

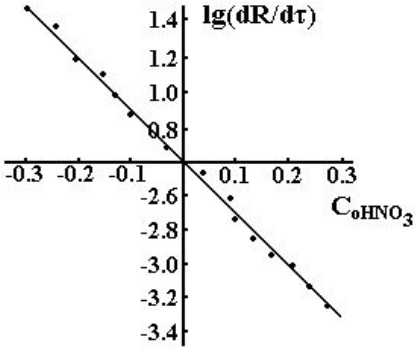


Рисунок 5 -Зависимость $\lg(dR/d\tau) - \lg C_0$

Это указывает на осложнение растворения другими процессами, а именно, осаждением карбоната кальция на поверхности частиц шеелита.

Таким образом, реакция растворения шеелита в растворах карбоната натрия представляет сложный окислительно-восстановительный процесс, механизм которого определяется концентрацией карбоната натрия, температурой и продолжительностью процесса растворения. Изменение этих факторов способствует протеканию вторичных реакций: выпадению карбоната кальция, а также образованию у поверхности WO_3 повышенных концентраций карбоната натрия в растворе гелеобразного промежуточного продукта.

В качестве объяснения этого явления, в случае, когда растворение шеелита протекает в смешанном режиме, близком к диффузионному, одной из причин усиления гидролиза карбоната натрия может быть падение концентрации Na_2CO_3 в диффузионном пограничном слое. Однако для взаимодействия WO_3 с раствором Na_2CO_3 отмечен кинетический режим. В этом случае практически отсутствует градиент концентрации карбоната натрия у поверхности оксида. Следовательно, усиление гидролиза, наряду с указанной причиной, может иметь и другую, которая, по нашему мнению, состоит в следующем. Известно, что взаимодействию оксидов с реагентом-растворителем предшествует гидратация их поверхности. В сорбированных молеку -

лах воды вследствие их взаимодействия с поверхностью оксида происходит ослабление внутримолекулярных связей, поэтому гидролиз поступающих к гидратированной поверхности оксидов ионов CO_3^{2-} протекает более полно.

$$H\text{-}OH + CO_3^{2-} \rightarrow OH^- + HCO_3^- \quad (3)$$

Ион HCO_3^{2-} реагирует аналогично:

$$H\text{-}OH + HCO_3^{-2} \rightarrow OH^- + H_2CO_3 \quad (4)$$

Дальнейшая реакция высвободившихся в результате описанного взаимодействия ионов OH^- с оксидом протекает без дополнительных затруднений, так как они уже находятся в адсорбированном состоянии. Таким образом, имеются, по крайней мере, две причины усиления гидролиза карбоната натрия при растворении шеелита - уменьшение концентрации карбонат - ионов из-за малой диффузии и снижения стабильности молекул воды при сорбции их на поверхности шеелита. Откуда следует, что растворение шеелита растворами карбоната натрия при температуре 298 - 323 К протекает в диффузионно-кинетической области, а при 323 - 368К в диффузионной.

Выводы. В результате исследования кинетики автоклавно-карбонатного разложения шеелитового концентрата, полученного из руды месторождения Северный Катпар, установлено, что реакция растворения шеелита в растворах карбоната натрия представляет сложный окислительно-восстановительный процесс, механизм которого определяется концентрацией карбоната натрия, температурой и продолжительностью процесса растворения. Изменение этих факторов способствует протеканию вторичных реакций: выпадению карбоната кальция, а также образованию у поверхности WO_3 повышенных концентраций карбоната натрия в растворе гелеобразного промежуточного твердого продукта.

С ростом концентрации карбоната натрия степень выщелачивания возрастает и уже при концентрации 1,5-2,0 моль/дм^3 достигается быстрое, в течение 45-60 минут (82,3-90,2%), и практически полное выщелачивание вольфрама (95,2-99,3 %) за 2 часа. В случае, когда растворение шеелита протекает в смешанном режиме, близком к диффузионному, одной из причин усиления гидролиза карбоната натрия может быть падение концентрации Na_2CO_3 в диффузионном пограничном слое. Для взаимодействия WO_3 с раствором Na_2CO_3 отмечен кинетический режим. В этом случае практически отсутствует градиент концентрации карбоната натрия у поверхности оксида. Очевидно, усиление гидролиза связано с тем, что взаимодействию оксидов с реагентом-растворителем предшествует гидратация их поверхности. В сорбированных молекулах воды из-за их взаимодействия с поверхностью оксида происходит ослабление внутримолекулярных связей, вследствие этого гидролиз поступающих к гидратированной поверхности оксидов ионов CO_3^{2-} протекает более полно.

Установлено, что экспериментальные точки зависимости $\lg(dR/d\tau) = f(\lg C_{Na2CO3})$ ложатся на прямую, проходящую через начало координат. Следовательно, процесс может быть описан уравнением реакции первого порядка. Это указывает на осложнение растворения другими процессами, а именно, осаждением карбоната кальция.

ЛИТЕРАТУРА

1 Liu L. Analysis on Development Situation of Tungsten Industry in 2012 //China Tungsten, Molybdenum and Vanadium Forum, 2012. - P. 4.

2 Новиков А.А., Сазонов Г.Т. Состояние и перспективы развития рудно-сырьевой базы цветной металлургии РФ //Горный журнал – 2000. - №8. - С. 92-95.

3 Zhao Zh., Li J., Wang Sh., Li H., Liu M., Sun P., Li Y. Extracting tungsten from scheelite concentrate with caustic soda by autoclaving process //Hydrometallurgy - 2011. - V. 108, Issues 1–2, - P. 152-156.

4 Gürmen S., Tımur S., Arslan C., Duman I. Acidic leaching of scheelite concentrate and production of hetero-poly-tungstate salt //Hydrometallurgy. - 1999. - V. 51, Issue 2. - P. 227-238.

5 Martins J.P. Kinetics of soda ash leaching of low-grade scheelite concentrates //Hydrometallurgy. - 1996.- V. 42, Issue 2. - P. 221-236.

6 Özdemidotr S., Gidotrgidotn I. Decomposition of scheelite in acid-alcohol solutions //Minerals Engineering. - 1991.- V. 4, Issue 2. - P. 179-184.

7 Зеликман А.Н., Коршунов Б.Г. Металлургия редких металлов. - М.:Металлургия, 1991. - 432 с.

8 Голиков Г.А. Руководство по физической химии. - М.: Высшая школа, 1998. - 383 с.

9 Матренин С. В., Ильин А. П., Слосман А. И., Толбанова Л. О. Активированное спекание вольфрама //Известия Томского политехнического университета - 2008. - Т. 313. № 3. - С. 83-87.

10 Шоинбаев А.Т., Бабажанов Д.Р., Даулетбаков Т.С., Пирматов Э.А., Протопопов А.В., Зиновьева Л.В. Ориентировочный расчет ожидаемой экономической эффективности производства триоксида вольфрама //Известия научно – технического общества «КАХАК». - 2012. - №2(36). – С.71-75.

11 Инновац. пат. 25953 РК. Способ переработки шеелитовых концентратов / Шоинбаев А. Т., Протопопов А.В., Даулетбаков Т.С., Пирматов Э.А., Бабажанов Д.Р., Касымжанов К. К., Баркытова Б.Н., Туруспаев Е.Ж., Зиновьева Л.В;. опубл. 29.06.2012, Бюл.№ 6.

12 Инновац. пат. 25571 РК. Способ переработки вольфрамитовых концентратов /Шоинбаев А. Т., Пирматов Э.А., Протопопов А.В., Даулетбаков Т.С., Шоинбаев А.А., Искакова Ж.Ж.; опубл. 15.03.2012, Бюл.№ 3.

REFERENCES

1 Liu L. *China Tungsten, Molybdenum and Vanadium Forum,* **2012,** 4.

2 Novikov A.A., Sazonov G.T. *Gornyj zhurnal.* **2000**, *8*, 92-95 (in Russ.).

3 Zhao Zh., Li J., Wang Sh., Li H., Liu M., Sun P., Li Y. *Hydrometallurgy,* **2011**, *108,*152-156.

4 Gürmen S., Tımur S., Arslan C., Duman I. *Hydrometallurgy,* **1999**, **51**, 227-238.

5 Martins J.P. *Hydrometallurgy,* **1996**, *42*, 221-236.

6 Özdemidotr S., Gidotrgidotn I. *Minerals Engineering.* **1991**,*4*, 179-184.

7 Zelikman A.N., Korshunov B.G. *Metallurgiya redkih metallov,* **1991,** 432 p.(in Russ.).

8 Golikov G.A. Rukovodstvo po phizicheskoi khimii, M.:*Vysshaja shkola,* 1**998**, 383 p. (in Russ.).

9 Matrenin S.V., Il'in A.P., Slosman A.I., Tolbanova L.O. *Izvestija Tomskogo politehnicheskogo universiteta,*. **2008**, *313*, *3,* 83-87 (in Russ.).

10 Shoinbaev A.T., Babazhanov D.R., Dauletbakov T.S., Pirmatov Je.A., Protopopov A.V., Zinov'eva L.V. *Izvestiya nauchno – tehnicheskogo obshhestva «KAHAK»,* **2012**, *2(36),*71-75 (in Russ.).

11 Innov. Pat. 25953 KZ. Shoinbaev A. T., Protopopov A.V., Dauletbakov T.S., Pirmatov Je.A., Babazhanov D.R., Kasymzhanov K. K., Barkytova B.N., Turuspaev E.Zh., Zinov'eva L.V., **29.06.2012**, *Bul.6* (in Russ.).

12 Innov. Pat. 25571 KZ. Shoinbaev A. T., Pirmatov Je.A., Protopopov A.V., Dauletbakov T.S., Shoinbaev A.A., Iskakova Zh.Zh., **15.03.2012**, *Bul. 3* (in Russ.).

Түйіндеме

Мақалада автоклавты-карбонатты әдіспен шеелитті концентраттың ыдырауын кинетикалық зерттеу нәтижелері көрсетілген. Зерттеу 368-523 К температура аралықта өткізілді. Шеелиттен вольфрамның сілтісіздендіруінің дережесінің тәуелділігін анықтау үшін натрий карбонат ерітіндісін қолданды, моль/дм^3: 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5, араластыру жылдамдығы 100-400 айналу/мин. Натрий карбонат концентрациясының өсуімен сілтісіздендірудің дәрежесі өсетіні анықталған, 1,5-2,0 моль/дм^{3}концентрациясында шапшаң жетеді, 45-60 минут ішінде (80-90%) және практикалық толық вольфрамды сілтісіздендіру (95,2-99,3 %) 2 сағат. Өзара WO_3 мен Na_2CO_3 ерітіндісімен қатынасы үшін кинетикалық режим белгіленген. Осы жағдайда оксидтің бет жағындағы карбонат натрий концентрациясының градиенті іс-жүзінде болмайды. Гидролиздің күшеюі оксидтердің реагент-еріткішпен өзара қатынасынан бұрын олардың гидратация бет жағында болатынына байланысты екені анық. Судың сорбцияланған молекулаларында оксидтің бет жағында өзара қатынасы үшін молекула ішіндегі байланыстарды әлсіретуі болады, осының салдарынан гидратталған оксид иондардың бет жағына CO_3^{2} жүретін гидролиз толықтау ағады.

Түінді сөздер: шеелит, карбонат, вольфрам, концентрат, триоксид вольфрама, сода

Summary

In the article results of kinetic studies of autoclave-carbonate discomposition of scheelite concentrates are presented. Studies carried out in temperature range of 368-523 K, at mixing speed of 100-400 revolutions per minute. Sodium carbonate solutions, mol/ dm^3: 0.5, 0.75, 1.0, 1.25, 1.5 was used for determine the dependence of tungsten leaching from scheelite on solution concentration. It was established, that at increasing concentration of sodium carbonate degree of leaching increases and at a concentration of 1.5 - 2.0 mol/dm^3 it is achieved rapid, within 45 - 60 minutes (82,3-90,2%), and the almost complete (95,2-99,3%) leaching of tungsten in 2 hours. The kinetic mode was registered for WO_3 and Na_2CO_3 solution interaction. In this case there is practically no concentration gradient of sodium carbonate at an oxide surface. Obviously, that increase of hydrolysis takes place due to previous hydration of oxides surface at their reaction with a reagent-solvent. In the sorbed water molecules weakening of intramolecular bonds occurs due to their interaction with the oxide surface, thereby hydrolysis of coming to the hydrated surface CO_3^{2-} oxide ions flows more fully.

Keywords: scheelite, autoclave decomposition, tungsten, concentrate, sodium carbonate, kinetics

Поступила 28. 04. 2013.