

Бекчанов Бекзод Бахтиярович

*PhD докторант кафедры «Химическая технология неорганических веществ»
Ташкентского химико-технологического института, Республика Узбекистан, г. Ташкент*

Джандуллаева Мунаввара Сапарбаевна

*зав. кафедры «Химическая технология неорганических веществ»
Ташкентского химико-технологического института, Республика Узбекистан, г. Ташкент*

Эркаев Актам Улашевич

д-р техн. наук, проф. кафедры

*«Химическая технология неорганических веществ»
Ташкентского химико-технологического института,
Республика Узбекистан, г. Ташкент*

Кошанова Бибигул Турганбаевна

*DcS докторант кафедры «Химическая технология неорганических веществ» Ташкентского
химико-технологического института, Республика Узбекистан, г. Ташкент*

E-mail: koshanova_nmkt@mail.ru

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ СЕРПЕНТИНИТА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИИ

Аннотация: В данной работе представлены результаты исследований серпентинита, подвергнутого термической обработке при различных температурах. Образцы были прокалены в разных температурах в течение 30 минут. В ходе эксперимента измерялись показатели твердости образцов по Виккерсу (HV20) и проводилась конверсия данных для оценки изменения свойств серпентинита в зависимости от температурного воздействия.

Ключевые слова: Термическая обработка, серпентинит, прокаливание, метод Виккерс, шкала Моос.

ABSTRACT: This study presents the results of research on serpentinite subjected to heat treatment at various temperatures. The samples were calcined at different temperatures for 30 minutes. During the experiment, the hardness of the samples was measured using the Vickers method (HV20), and data conversion was performed to assess changes in the properties of serpentinite under thermal exposure.

Keywords: Heat treatment, serpentinite, calcination, Vickers method, Mohs scale.

Введение

Серпентинит является наиболее дешевым сырьем для получения оксида, солей магния, которые, в свою очередь, находят свое применение во всех отраслях химической промышленности.

В России серпентиниты широко развиты на Кавказе, Урале, в Восточном Саяне, Туве и других регионах. В США самые крупные залежи серпентинитов приурочены к береговым хребтам на западе страны. Серпентиниты известны также в районе озера Верхнего, в Северной Каролине и Джорджии, в Мэриленде и Пенсильвании, на острове Статен в Нью-Йоркской гавани. В Великобритании они распространены на полуострове Корнуолл, в Шотландии и

на Шетландских островах. В Германии крупные залежи в Саксонии (Цёблиц), в Австрии — в Зальцбурге. Добывается также в Швейцарии, Польше и других странах [1-3].

За последние годы появилось множество технологий переработки серпентинитового сырья. Но в основе всех их лежат одни и те же химические процессы: выщелачивание кислотами (серной, соляной, азотной) и спекание.

Известны способы получения магния из кремнийсодержащих отходов, включающие измельчение отходов и разделение их на фракции, выщелачивание солянокислыми растворами с получением суспензии, разделение раствора и осадка, очистку и концентрирование раствора, много-стадийное обезвоживание раствора с получением безводного хлормагниевого сырья для электролиза, электролиз с получением магния, хлора и электролита, конверсию хлора с получением хлорида водорода и направление его на стадии подготовки сырья для электролиза, возврат электролита на стадию подготовки сырья для электролиза [4].

Существуют способы получения оксида магния из отходов серпентинитовой руды включает подготовку отходов серпентинитовой руды, мокрую магнитную сепарацию для отделения магнийсодержащей суспензии от магнетита, выщелачивание с помощью минеральной кислоты, карбонизацию и обжиг [5-6].

Способ выделения MgO из серпентинита заключается в том, что последний сплавляют с сульфатом аммония при 250 - 400°C [7]. Продукт сплавления выщелачивают водой, после чего из полученного раствора сульфата магния удаляют примеси Ca, Fe, Ni, Co, Si, Са и т. д. осаждением их в виде гидроксидов фракционной нейтрализацией. Осадок отделяют фильтрацией, а из фильтрата обработкой его аммиаком сначала осаждают Mg(OH)₂ при pH 10,0 - 10,5, а затем при pH 11,0 - 11,5 карбонатом аммония осаждают карбонат магния. После этого оба осадка отмывают от сульфат-иона и подвергают термообработке при 750°C с получением оксида магния. При этом полученный на стадии осаждения Mg(OH)₂ раствор (NH₄)₂SO₄ упаривают, гранулируют и направляют на стадию спекания с серпентинитом, а выделившийся на этой стадии аммиак конденсируют и рециркулируют на стадию осаждения Mg(OH)₂. Степень осаждения Mg(OH)₂ составляет 98 - 100%. Процесс идет по замкнутому циклу [8].

Ближайшим к описанному способу по технической сущности является способ сплавления серпентинита с сульфатом аммония при 300-400°C - спек выщелачивать водой и фильтровать, фильтрат подвергать фракционной нейтрализации с выделением гидроксида магния, никеля и кобальта.

Недостатком данного способа является то, что выделяющийся при сплавлении с сульфатом аммония аммиак не улавливается, не используется и может образовать с воздухом взрывоопасные соединения.

Также предлагается метод, где показана возможность комплексной переработки серпентинита на соли магния и жидкое стекло. Представлены результаты сернокислотного выщелачивания серпентинита и последующей обработки получаемого кремнеземистого остатка растворами гидроксида натрия [9].

Методы исследования

В экспериментах в качестве исходного сырья для получения солей магния использовали серпентинит Каракалпакстанского месторождения, имеющий следующий химический состав (% мас.): MgO – 35,0; SiO₂-46,4; Fe₂O₃ –9,12; Al₂O₃-3,94; CaO –0,17; Cr₂O₃ –0,40; NiO –0,25; MnO –0,13; SO₃ –0,14.

Целью данной работы является изучения изменения состава серпентинита высокотемпературной термообработкой для дальнейшего переработки в магнийсодержащие продукты.

В данной работе исследование провели на твердость серпентинита в разных температурах по методу Виккерса и шкале Мооса [10-13].

Метод Виккерса позволяет определять твердость азотированных и цементированных поверхностей, а также тонких листовых материалов.

Шкала Мооса служит для определения минералов для ориентировочной оценки и сравнения относительной твердости материалов методом царапания.

Результаты и обсуждения

Сущность метода Виккерса заключается во вдавливании в испытуемый материал правильной четырехгранной алмазной пирамиды с углом 136° между противоположными гранями. Твердость вычисляется как отношение нагрузки, приложенной к пирамидке, к площади поверхности отпечатка (причем площадь поверхности отпечатка берется как площадь части геометрически правильной пирамиды, а не как площадь поверхности фактического отпечатка); размерность единиц твердости по Виккерсу кгс/мм². Твердость, определенная по этому методу, обозначается HV с обязательным указанием нагрузки и времени выдержки [14].

Для Образцы серпентинита прокаливали при разных температурах, °C: 100, 200, 400, 600 и 800 (рис.1).



Рис.1. Серпентинит обработанный в разных температурах, °C:
1-100; 2-200; 3-400; 4-600; 6-800.

На данном изображении представлены образцы серпентинита, прокаленные при разных температурах (100°C, 200°C, 400°C, 600°C и 800°C) в течение 30 минут для каждого температурного уровня. Визуальные изменения материала при повышении температуры очевидны, что позволяет сделать выводы о термических эффектах на структуру и цвет серпентинита.

Эти визуальные изменения подтверждают, что высокая температура оказывает сильное воздействие на серпентинит, постепенно изменяя его свойства. Прокаливание при 800°C вызывает наиболее заметное изменение цвета и структуры, что может быть связано с окончательным распадом исходных минералов и изменением их химического состава.

Далее в таблице 1, исследовали изменения твердости, плотности и других механических свойств при повышении температуры.

В таблице 1 представлены следующие показатели:

- твердость с нагрузкой, измеренная по шкале Виккерса (обозначается как HV20), которая демонстрирует сопротивление материала вдавливанию;
- твердость по Виккерсу, которая характеризует внутреннюю прочность материала;
- по шкале Мооса - параметр, связанный с условиями обработки (характеризует давление);

Конверсия, представляющая собой расчетное значение, полученное на основе других измерений, и помогающая оценить изменение свойств серпентинита после термической обработки.

Таблица 1

Физические исследования серпентинита при разных температурах

№ образцов совпадает рис.1	Исходные образцы				При температуре 800°C		
	Твердость	По Виккерсу	по Моосу	Конверсия	По Виккерсу	по Моосу	Конверсия
1	HV20	243.8	3	131.49	2476.9	9	1335.97
2	HV20	2482	9	1338.72	2816.7	8.5	1519.25
3	HV20	780.9	6	421.19	1043.5	7	563.80
4	HV20	1644.9	8.5	887.21	1896.5	8.5	1022.92
5	HV20	2809.3	8.5	1515.26	2338.7	9	1261.43

При прокаливании при температуре 800°C на протяжении 30 минут наблюдается существенное изменение всех параметров по сравнению с начальными образцами. Например, средняя твердость по Виккерсу увеличивается с 1592.18 до 2114.82, что указывает на упрочнение материала. Конверсия возрастает с 858.78 до 1140.68, что может свидетельствовать о структурных изменениях в серпентините под действием высокой температуры. Эти данные подтверждают, что тепловая обработка значительно влияет на механические свойства серпентинита.

Заключение

В данной работе изучали образцы серпентинита, обработанные при температурах от 100°C до 800°C на протяжении 30 минут. Наблюдается значительное изменение цвета и плотности материала при переходе от более низких к более высоким температурам:

1. При 100°C и 200°C образцы сохраняют серо-зеленый оттенок, характерный для исходного серпентинита. Видимых изменений цвета не наблюдается.

2. При 400°C серпентинит начинает темнеть, что может свидетельствовать о начальных фазовых или химических изменениях в структуре материала.

3. При 600°C образцы заметно темнеют, приобретая темно-серый оттенок, что говорит о значительном изменении структуры, в результате дегидратации или частичного разрушения минералов.

4. При 800°C образцы приобретают коричневый оттенок, что указывает на глубокие изменения в структуре и составе. Происходит частичное окисление или разложение серпентинита, что приводит к изменению его физических и химических свойств.

Использованные литературы:

1. Четырёхязычный энциклопедический словарь терминов по физической географии. — М: Советская энциклопедия, 1980. С.397.
2. Пат. 2285666 Российская Федерация, МПК С 01 F 5/06. Способ комплексной переработки магнийсиликатосодержащего сырья / Григорович М. М., Менькин Л. И. № 2005122952/15, заявл. 20.07.2005; опубл. 20.10.2006, Бюл. № 29. 6 с.

3. Döbelin N., Kleeberg R. Profex: a graphical user interface for the Rietveld refinement program BGMN // *Journal of Applied Crystallography*. 2015. Vol. 48. P. 1573–1580.
4. 4. Способ получения магния из кремнийсодержащих отходов [Текст]: пат. 2237111 Рос. Федерация: МПК С 25 С 3/04 / Тетюхин В.В., Шундииков Н.А.; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество "АВИСМА титано-магниевый комбинат" – №2003119049/02; заявл. 24.06.2003; опубл. 27.09.2004, Бюл. № 27. – 6 с.
5. Пат. 2659510 Российская Федерация, МПК С 22 В 26/22. Способ получения оксида магния из отходов серпентинитовой руды / Ауешов А. А., Ахметгареева Е. Г. и др. // Опубликовано: 02.07.2018 Бюл. № 19.
6. Способ получения оксида магния из серпентинита [Текст]: пат.2011638 Рос. Федерация: МПК С 01 F 5/06 / Кузнецова Т.В., Иоффе Е.М.; заявитель и патентообладатель Кузнецова Т.В., Иоффе Е.М. – № 4860691/26; заявл. 08.06.1990; опубл. 30.04.1994, Бюл. № 22. – 6 с.
7. Ю. В. Передерин, И. О. Усольцева, Д. А. Краснощекова / Основные технологии получения оксида магния из серпентинита. // *Ползуновский вестник*. № 2 2019. С.123-127.
8. Л. Н. Нажарова, В. А. Хуснутдинов / Получение жидкого стекла из серпентинита. // *УДК* 661.112.2.
9. Б.Б. Бекчанов, М.С. Джандуллаева, А.У. Эркаев, Б.Т. Кошанова / Разработка технологии получения солей магния расщеплением серпентинита серной кислотой. //
10. 10. Габдуллин А. Н., Калинин И. И., Печерских Е. Г., Семенищев В. С. Получение высокодисперсного кремнезема методом азотнокислотной переработки серпентинита // *Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского*. Серия: Биология, химия. 2011. Т. 24, № 3. С. 44–47.
11. 11. Пат. 2368654 Российская Федерация, МПК С10М 177/00. Способ получения противозносного состава из серпентинита и состав на его основе / Гужев Олег Павлович, Волков Дмитрий Георгиевич // Опубликовано: 27.09.2009 Бюл. № 27.
12. 12. Umirov F. E, Fayzullaev N. I., Usanbayev N. Kh., Muzaffarov A. M., Umirov U. F., Pirnazarov F. G. Mineralogical and technological evaluation of saponites of the Uchtut residential place in the Republic of Uzbekistan // *International Journal of Control and Automation*. 2020. Vol. 13, No. 4. P. 230–236.
13. 13. Владимиров А. С., Катышев С. Ф., Теслюк Л. М. Совершенствование процесса промывки аморфного диоксида кремния, полученного при солянокислотном выщелачивании серпентинита // *Химическая технология*. 2015. Т. 16, № 3. С. 139–141.
14. 14. Габдуллин А. Н. Разработка способа азотнокислотной переработки серпентинита Баженовского месторождения: дис. ... канд. техн. наук. Екатеринбург, 2015. 135 с.