

Enrichment of Secondary Kaoline from the Angren Deposit

Ashirkulova G.A.

student

Asqarova N.M., PhD., Associate Professor

Scientific supervisor, Almalyk State Technical Institute

Abstract. The work examines the features of the material composition of secondary kaolin from the Angren deposit and the possibility of its enrichment to obtain alumina-containing products. It has been established that the high content of silicon structure and the presence of organic additives deteriorate the quality of the raw material and limit its industrial application. Research on magnetic separation of kaolin raw materials has been conducted. It has been shown that the application of a comprehensive technology, including preliminary washing, classification, and magnetic separation, allows for improving the quality of kaolin and increasing the Al_2O_3 content in the concentrate.

Keywords: kaolin, Angren deposit, enrichment, magnetic separation, alumina, silica, alumina-containing raw materials.

Обогащение вторичного каолина Ангреновского месторождения

Аннотация. В работе рассмотрены особенности вещественного состава вторичного каолина Ангреновского месторождения и возможности его обогащения с целью получения глиноземсодержащего продукта. Установлено, что высокое содержание кремнезема и наличие органических примесей ухудшают качество сырья и ограничивают его промышленное использование. Проведены исследования по магнитной сепарации каолинового сырья. Показано, что применение комплексной технологии, включающей предварительную промывку, классификацию и магнитную сепарацию, позволяет повысить качество каолина и увеличить содержание Al_2O_3 в концентрате.

Ключевые слова: каолин, Ангреновское месторождение, обогащение, магнитная сепарация, глинозем, кремнезем, алюмосодержащее сырье.

Введение. В настоящее время каолин находит всё более широкое применение в различных отраслях промышленности: керамической, электротехнической, огнеупорной, алюминиевой, бумажной, текстильной, кабельной, резиновой, химической, лакокрасочной, парфюмерной и других. Особенно значимым является его использование в бумажной промышленности (около 45%), керамической (35%) и химической (16%) [1].

Мировые разведанные запасы каолинов оцениваются примерно в 16 млрд тонн. Крупнейшие месторождения сосредоточены в США, Великобритании, Бразилии, Китае, Турции, Украине и других странах.

Среди глинистых минералов ведущую роль играют минералы группы каолинита — каолинит, галлуазит, диксит и накрит, являющиеся полиморфными модификациями водного силиката алюминия состава $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$. Их теоретический химический состав соответствует: SiO_2 — 46,54%, Al_2O_3 — 39,5%, H_2O — 13,96% [2]. Однако природные каолины, как правило, содержат примеси кварца, мусковита, гидрослюда, монтмориллонита и других минералов. Присутствие более 10% некаолиновых минералов существенно влияет на технологические свойства сырья. Даже после обогащения содержание примесей составляет не менее 2–2,5% [3].

В современных условиях наблюдается тенденция снижения запасов высококачественных бокситов, что обуславливает необходимость вовлечения в переработку низкокачественного алюмосодержащего сырья. В этом контексте каолины Ангренского месторождения представляют значительный интерес как альтернативное сырье для получения глинозема.

На Ангренском месторождении выделяются два типа каолинов: вторичный, расположенный в верхней части угольного пласта, и первичный, залегающий под угольным пластом. Запасы вторичного каолина составляют около 1,4 млрд тонн, первичного — 45,6 млн тонн, а суммарные ресурсы достигают 3,25 млрд тонн [4].

Основной проблемой использования вторичного каолина является высокое содержание кремнезема (SiO_2) и наличие органических примесей, связанных с близостью угольных пластов. Это требует разработки эффективных технологий обогащения.

Объект и методы исследования Объектом исследования является вторичный каолин Ангренского месторождения.

Предметом исследования являются вещественный состав каолиновых глин и закономерности разделения минеральных компонентов в процессах классификации и магнитной сепарации.

Для изучения обогатимости каолина применялся метод магнитного анализа.

Методика магнитного анализа Магнитный анализ проводился на магнитном анализаторе типа 25-СЭ при следующих условиях: скорость потока материала — 0,5 м/с; напряженность магнитного поля — от 54 до 1440 кА/м; масса навески — 10 г.

Проба помещалась в заполненную водой трубку, после чего включалась электромагнитная система. При заданной напряженности магнитного поля осуществлялось разделение материала на магнитную и немагнитную фракции.

Результаты и обсуждение В ходе исследований установлено, что серые каолины широко распространены по всей площади месторождения и имеют мощность от 1 до 50 м. Результаты физико-химических свойств пёстроцветного каолина приводятся в таблице 1.

Таблица 1

Физико-химические свойства пёстроцветных каолинов

	Наименование горной породы	Объёмный вес, т/м ³	Удельный вес, т/м ³	Влажность, %	Коэффициент разрыхления
	Юрские отложения				

Пёстроцветные каолины					
	Каолины пёстроцветные	1,83-2,68	2,63-3,06	3,10-30,40	1,25-1,3
	Каолины пёстроцветные за песоченные	2,09-2,10	2,72	18,30	1,25-1,3
	Песчаники	2,17-2,36	2,35-2,76	8,56-14,20	1,1-1,2

Таблица 2

Химический состав каолинов А, в %

Наименование	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	O ₃	прочие
Серые каолины	57,9	23,5	2,47	0,27	0,62	0,54	1,0	0,09	-	12,5
Первичные каолины	62,80	21,27	3,25	0,46	0,38	0,18	0,56	0,28	0,28	8,95

Из таблицы 2 видно, что содержание Al₂O₃ достигает 57,9–62,8%; присутствует значительное количество Fe₂O₃; содержание SiO₂ варьируется, что влияет на качество сырья. Высокое содержание железа и кремнезема ухудшает качество каолина и требует применения методов обогащения.

Исследования показали, что эффективное обогащение вторичного каолина возможно при использовании комплексного подхода, включающего: предварительную промывку; классификацию; магнитную сепарацию.

Магнитная сепарация позволяет удалять железосодержащие примеси, что способствует повышению качества конечного продукта.

Магнитное обогащение является одним из наиболее эффективных и широко применяемых методов разделения минерального сырья, основанным на различии магнитных свойств компонентов. Данный метод используется для выделения магнитных и слабомагнитных минералов из немагнитной массы под воздействием внешнего магнитного поля.

В зависимости от магнитных свойств компонентов составляющие вторичного каолина различают: сильномагнитные минералы (магнетит, пирротин); слабомагнитные минералы (гематит, лимонит, сидерит); немагнитные минералы (кварц, каолинит).

Применение магнитной сепарации в технологии переработки вторичного каолина Ангренского месторождения позволяет: удалить железосодержащие минералы; снижает содержание примесей; повышает содержание Al₂O₃ в концентрате; улучшает качество конечного продукта для дальнейшего промышленного использования.

Таким образом, магнитное обогащение является ключевым этапом комплексной технологии переработки низкосортных каолинов и обеспечивает повышение их промышленной ценности.

Полиградиентная магнитная сепарация получила широкое промышленное применение при выделении тонкоизмельчённых слабомагнитных минералов, а также при очистке сточных вод. Разделительный массоперенос в процессах магнитной сепарации определяется равнодействующей сил, действующих на магнитные и немагнитные частицы, при этом эффективность процесса в значительной степени зависит от силового режима [5].

К основным силам, действующим на частицы, относятся магнитная, гравитационная, силы вязкостного сопротивления среды и другие [6]. Кроме того, существенное влияние на процесс разделения оказывают силы Ван-дер-Ваальса, двойного электрического слоя (ДЭС), а также намагниченность и гидратация частиц [7].

С целью установления оптимальных параметров полиградиентной сепарации, обеспечивающих максимальное извлечение слабомагнитных (окрашивающих) примесей из каолиновой суспензии, проведена серия лабораторных экспериментов.

В качестве исходного материала использовался классифицированный продукт крупностью менее 40 мкм, предварительно очищенный от сильномагнитной фракции при напряжённости магнитного поля 244 кА/м. Содержание Fe_2O_3 в исходном питании не превышало 1,1%.

Известно, что при обогащении каолинов высокую эффективность демонстрирует использование в качестве матрицы сепаратора стальных шариков диаметром 2–3 мм, при этом требуемая магнитная индукция не превышает 1,2 Тл [8].

Эксперименты проводились на лабораторной установке полиградиентной сепарации. В качестве ферромагнитной загрузки использовались стальные шарики диаметром 3 мм. Перед использованием они подвергались очистке от продуктов коррозии путём обработки кварцевым песком в лабораторной шаровой мельнице в течение 20 минут.

Длина рабочей зоны сепаратора составляла 200 мм. В качестве варьируемых параметров были выбраны: напряжённость магнитного поля (960–2500 кА/м); содержание твёрдого в пульпе (10–40%).

Влияние содержания твёрдого в пульпе

Содержание твёрдого в пульпе, поступающей на полиградиентную сепарацию, оказывает существенное влияние на эффективность разделения.

При увеличении плотности пульпы возрастает сила вязкостного сопротивления, что приводит к уносу магнитных частиц в немагнитную фракцию. В то же время чрезмерное снижение содержания твёрдого приводит к уменьшению производительности аппарата и может вызвать переход режима движения пульпы из ламинарного в турбулентный. Это, в свою очередь, способствует увеличению влияния инерционных сил и ухудшению качества разделения.

Для определения оптимального содержания твёрдого была проведена серия экспериментов при постоянной напряжённости магнитного поля 1600 кА/м. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Содержание твёрдого в питании операции	Продукт	Выход, %	Массовая Fe ₂ O ₃ ,% доля	Извлечение, %
10	Магнитный	1,95	14,03	24,87
	Немагнитный	98,05	0,84	75,13
	Исходный	100,00	1,10	100,00
15	Магнитный	2,12	14,42	27,79
	Немагнитный	97,88	0,81	72,21
	Исходный	100,00	1,10	100,00
20	Магнитный	2,86	12,75	33,15
	Немагнитный	97,14	0,76	66,85
	Исходный	100,00	1,10	100,00
25	Магнитный	3,46	10,24	32,21
	Немагнитный	96,54	0,77	67,79
	Исходный	100,00	1,10	100,00
30	Магнитный	4,53	7,14	29,40
	Немагнитный	95,47	0,81	70,60
	Исходный	100,00	1,10	100,00
35	Магнитный	4,86	7,04	31,10
	Немагнитный	95,14	0,80	68,90
	Исходный	100,00	1,10	100,00
40	Магнитный	5,15	6,15	28,79
	Немагнитный	94,85	0,83	71,21
	Исходный	100,00	1,10	100,00

Анализ экспериментальных данных показывает, что при увеличении содержания твёрдого в пульпе: возрастает выход магнитной фракции; снижается содержание Fe₂O₃ в магнитном продукте; наблюдается оптимум по качеству немагнитной фракции.

Наиболее благоприятные условия разделения достигаются при содержании твёрдого 20–25%, при котором: содержание Fe₂O₃ в немагнитном продукте снижается до 0,76–0,77%; обеспечивается устойчивый гидродинамический режим; достигается оптимальное соотношение между извлечением и качеством продукта.

Таким образом, установлено, что оптимальное содержание твёрдого в пульпе при полиградиентной сепарации каолинов составляет 20–25%.

Предложенная технология обеспечивает: повышение содержания Al_2O_3 ; снижение содержания Fe_2O_3 и SiO_2 ; улучшение технологических свойств каолина.

Заключение

1. Вторичный каолин Ангренского месторождения является перспективным алюмосодержащим сырьем.
2. Основными факторами, ухудшающими его качество, являются высокое содержание SiO_2 и наличие органических примесей.
3. Применение магнитной сепарации позволяет эффективно удалять железосодержащие компоненты.
4. Комплексная технология, включающая промывку, классификацию и магнитное разделение, обеспечивает получение обогащенного каолина с повышенным содержанием Al_2O_3 .

Список литературы:

[1]. Самадов, А. У., Абдурахмонов, С. А., Тошкodieва, Р. Э., & Масидиков, Э. М. (2023). ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО ГЛИНОЗЕМА ИЗ АНГРЕНСКОГО КАОЛИНА. *Universum: технические науки*, (5-3 (110)), 5-10.

[2]. Askarova, N. M., & Ahmedova, N. E. (2022). BOYITILGAN ANGREN KO'MIR KONI KAOLINIDAN ALYUMENIY VA KREMNIY OKSIDLARINI Olish IMKONIYATLARI. *RESEARCH AND EDUCATION*, 1(2), 269-72.

[3]. Куралова, М. К., & Аскарова, Н. М. (2021, December). Инновационный подход возможности извлечения меди и благородных металлов из конвертерных шлаков. In *Здравствуйте, уважаемые участники международной научной и научно-технической конференции, дорогие гости!* (p. 406).

[4]. Аскарова, Н. М. (2023). КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ (ХВОСТОВ) ПОСЛЕ ФЛОТАЦИИ ШЛАКОВ МЕДНОГО ПРОИЗВОДСТВА. *Universum: технические науки*, (3-1 (108)), 33-35.

[5]. Tursunova, D., Mamatkulova, S., Sarikulov, M., Abdisattorov, D., Atakhanova, D., Kurbanbayeva, S., ... & Rifky, M. (2024). Intensification of mixing and heat exchange in polymerizes. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 145, p. 03037). EDP Sciences.

[6]. KHAYITOV, O., SAIDOVA, L., UMIRZOKOV, A., MUTALOVA, M., & ASKAROVA, N. (2025). RATIONAL TECHNOLOGICAL SCHEME FOR TRANSPORTING ROCK MASS FROM DEEP QUARRY. *NEWS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN. SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES* Учредители: Национальная академия наук Республики Казахстан, 1(469), 218-228.