

ПЕРСПЕКТИВИ ІНТЕГРАЦІЇ КВАРЦ-ПОЛЬОВОШПАТОВОГО КОНЦЕНТРАТУ, ОТРИМАНОГО ВНАСЛІДОК ЗБАГАЧЕННЯ КАОЛІНУ У ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ВИРОБНИЦТВА КЕРАМІКИ

З технологічної точки зору, кварц-польовошпатова сировина являє собою комплекс мінералів, який включає кварц, польовий шпат та мікроклін. Кварц-польовошпатова сировина в Україні представлена різними типами родовищ, включаючи пегматитові, гранітні та кварцитові. Найбільші родовища знаходяться в центральній та західній частинах країни, зокрема в Кропивницькій, Вінницькій та Житомирській областях. За даними Геологічної служби України станом на 2019 рік було виявлено 7 родовищ, 3 з яких розроблялись. Загальні запаси, підраховані в межах цих родовищ становлять 6,85 млн.т., що забезпечує значний потенціал, проте фактично, видобуток даної продукції у довоєнний період знаходився на рівні 30-50 тис.т на рік, що суттєво недостатньо для покриття промислових потреб, тому значна частка кварц-польовошпатової сировини імпортувалась, аналогічні тенденції спостерігаються і зараз, що особливо помітно на фоні збільшення потреб у даному виді продукції.

Однією з головних проблем, які стримують видобування кварц-польовошпатової сировини є порівняно висока вартість гірничих робіт та необхідність застосування спеціалізованого обладнання та методики видобування, оскільки це переважно міцні скельні породи, руйнування яких є працемістким та енерговитратним. До того ж, дані родовища можуть мати значну глибину залягання наслідком чого є збільшення коефіцієнту розкриття, або розташовуватись в районах зі складними гірничо-геологічними умовами, що вимагає проведення детальних геологорозвідувальних робіт та створення складної інфраструктури для забезпечення можливості видобування.

Окрім того, технологія отримання кварц-польовошпатової сировини передбачає необхідність збагачення вихідної гірничої маси, яке складається з багатостадійного дроблення, подрібнення (розмельювання) з подальшими флотацією та магнітною сепарацією, що дозволяє досягти необхідного рівня якісних параметрів матеріалу.

Процес збагачення каоліну зазвичай виконується одним із базових способів: мокрий та сухий способи збагачення. Проте, переважаючим лишається мокрий спосіб збагачення. В переважній більшості, даний спосіб базується на відділенні каолінового концентрату методом класифікації в повітряному, або водному середовищі тонко-дисперсних частинок каолініту розміром менше 0,056 мм, від більш великих зерен кварцу, польових шпатів, слюди і інших мінералів, які утримуються в каоліновій породі. В результаті утворюються значні обсяги відходів, які містять кварцу у кількості до 60-70% та польового шпату у кількості до 10-20%. Ці компоненти є основними мінералами, що використовуються у виробництві керамічних та скляних виробів. Важливим аспектом є вміст домішок, таких як залізо і титан, які можуть впливати на якість кінцевої продукції, покращити яку можна за допомогою флотації, або ж магнітної сепарації.

Одними з найбільш перспективних напрямків використання продуктів збагачення каоліну може бути їх використання в якості сировини для керамічної промисловості. Вимоги до сировини, придатної для виробництва керамічної продукції наразі є застарілими та визначаються положеннями наведеними в ГОСТ 7030-75, на базі якого розроблено ряд ТУ використовуваних в межах окремих підприємств.

З метою підтвердження можливості застосування кварц-польовошпатового матеріалу сформованого внаслідок збагачення каоліну було проведено лабораторне дослідження, цілю якого є визначення хімічного складу продуктів збагачення (рис. 1). В свою чергу, продукти збагачення були отримані внаслідок мокрого збагачення каолінової маси, яке включало дезінтеграцію вихідної сировини, грубу класифікацію для видалення зернистих абразивних частинок, а після повторної класифікації – тонких абразивних частинок.

Лабораторні дослідження хімічного складу відходів збагачення каоліну виконувалось на базі ДП «Шпат» яке займається розробкою Йосипівського родовища. В ході виконання дослідження відділення каоліну від піску проводилось на ситі 0,056 мм. Піщаний залишок вивчався з метою отримання кондиційних кварцових і кварц-польовошпатових концентратів методами флотації у кислому і близькому до нейтрального середовищах, а також методом електричної сепарації.

Флотація пісків в кислому середовищі застосована як оціночний параметр, що забезпечує отримання найбільш можливих показників розділення польового шпату і кварцу. Результати показали, що шляхом флотації пісків можливо отримання кондиційних відповідно до вище згаданого ГОСТ 7030-75 кварц-польовошпатових і кварцових концентратів.

Флотація пісків у середовищі, близькому до нейтрального (рН = 6-7) показала можливість підвищення вмісту окислів лужних металів в продуктах збагачення без застосування агресивних середовищ. В якості збирача застосовані солі четвертинної основності, а в якості депресора польових шпатів – хлорид калію. Результати випробувань дозволили отримати кварц-польовошпатові концентрати.

Електрична сепарація пісків проводилась після їх подрібнення до 0,5 мм і дешламації по класу 0,056 мм. Концентрат з сумою лугів більше 8% було отримано після основної електросепарації. При цьому вихід кварц-польовошпатового продукту склав в середньому 31,6 % від початкової маси каоліну-сирцю.

Результати хімічного аналізу досліджуваних проб наведені у таблиці 1, де відображено вміст їх основних складових компонентів.

Таблиця 1

Хімічний склад кварц-польовошпатового концентрату одержаного в наслідок збагачення каоліну

№ проби	Хімічний склад, % (пісок-відсів)									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	SO ₃	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	K ₂ O+Na ₂ O
1	80,77	10,14	0,21	0,06	0,1	0,06	-	7,9	0,2	8,1
2	79	10,9	0,29	0,05	0,1	0,06	-	8,76	0,24	9
3	80,38	9,99	0,22	0,06	0,1	0,06	-	8,34	0,24	8,58
4	77,81	11,41	0,25	0,11	0,1	0,06	-	9,28	0,35	9,63
5	79,05	10,81	0,29	0,08	0,1	0,06	0,19	8,34	0,35	8,69
6	79,28	10,64	0,25	0,07	0,1	0,06	0,11	8,37	0,37	8,74
7	81,77	9,26	0,27	0,07	0,1	0,06	-	7,62	0,24	7,86
8	80,3	10,05	0,28	0,07	0,1	0,06	-	8,35	0,24	8,59
9	81,45	9,25	0,34	0,07	0,1	0,06	-	7,9	0,24	8,14
10	80,34	10,37	0,23	0,07	0,1	0,06	-	7,9	0,24	8,14
11	78,54	11,24	0,34	0,12	0,1	0,06	-	8,49	0,28	8,77
12	78,34	11,16	0,26	0,1	0,1	0,06	-	8,92	0,28	9,2
Разом	957,03	125,22	3,23	0,93	1,2	0,72	0,30	100,17	3,27	103,44
Сер.	79,75	10,43	0,26	0,07	0,1	0,06	0,15	8,34	0,27	8,62

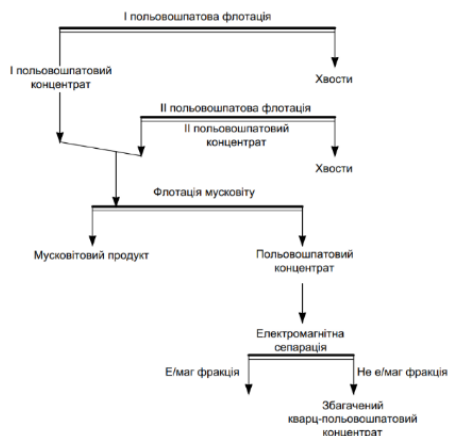


Рис.1. Схема збагачення кварц-польовошпатового концентрату (відходів збагачення каоліну)

Відповідно до результатів у пробах спостерігається високий вміст діоксиду кремнію. Це позитивно впливає на фізико-механічні властивості керамічних виробів, зокрема їх міцність і термостійкість. Однак, значне перевищення вмісту SiO₂ може вимагати корекції при виробництві тонкої кераміки, де надмірний вміст кварцу може спричинити підвищену крихкість.

Оксид алюмінію, який сприяє формуванню склоподібної фази при випаленні кераміки, характеризується середнім вмістом, що дозволить забезпечити необхідну плавкість та в'язкість.

Незначний вміст оксиду заліза є критичним фактором для виробництва тонкої кераміки, де присутність заліза може спричинити дефекти і змінити колір виробів. Значення, що перевищує 0,2%, вимагає додаткового очищення або обробки сировини для використання у високоякісних керамічних виробках.

Сума лужних оксидів відповідає вимогам керамічної промисловості, забезпечуючи необхідні показники плавкості і стабільності при високих температурах. Високе співвідношення K₂O:Na₂O свідчить про специфічні властивості сировини, які можуть потребувати коригування в процесі технологічного виробництва. Значення вмісту кварцу перевищує допустимі межі для тонкої кераміки (до 30%), що може призвести до підвищеної крихкості виробів. Проте, цей показник знаходиться в межах норми для будівельної кераміки (до 40%).

Список використаних джерел:

1. Котенко, В. В., Куницька, М. С., Піскун, І. А., Ігнатюк, Р. М., & Сидоренко, А. А. (2023). Автоматизація обробки результатів геологічної розвідки каолінових родовищ в середовищі GEOVIA Suprac. Технічна інженерія, 2(92), 225–233. [http://dx.doi.org/10.26642/ten-2023-2\(92\)-225-233](http://dx.doi.org/10.26642/ten-2023-2(92)-225-233)
2. Соболевський, Р. В., Ващук, А.О., Толкач, О.М., Коробійчук, В.В., Левицький, В.Г. (2017). Моделювання родовищ каолінової сировини на основі комплексного аналізу показників якості. Східно-Європейський журнал підприємницьких технологій, 3 (3 (87)), 54-66. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.103289>
3. Підвисоцький, В. Т., Котенко, В. В., Башинський, С. І., & Піскун, І. А. (2022). Обґрунтування доцільності застосування методу зворотніх зважених відстаней для кластеризації Йосипівського родовища каоліну. Науковий вісник ДонНТУ, 1(8)-2(9), 94-105. [https://www.doi.org/10.31474/2415-7902-2022-1\(8\)-2\(9\)-94-105](https://www.doi.org/10.31474/2415-7902-2022-1(8)-2(9)-94-105)
4. Larsen, E., & Kleiv, R. (2016). Flotation of quartz from quartz-feldspar mixtures by the HF method. Minerals Engineering, (98), 49-51. <https://www.doi.org/10.1016/j.mineng.2016.07.021>
5. Котенко, В. В., Башинський, С. І., & Піскун, І. А. (2021). Застосування методу Пірсона для отримання залежностей розподілу хімічних елементів у межах родовища каоліну. Технічна інженерія, 88, 129-134. [https://doi.org/10.26642/ten-2021-2\(88\)-129-134](https://doi.org/10.26642/ten-2021-2(88)-129-134)