

ПОЛУЧАНЕ НА ФЕЛДШПАТОВИ КОНЦЕНТРАТИ ОТ АЛБИТИЗИРАНИ ГРАНИТИ

Кремена Минчева, Ташка Игнатова, Айлин Джеляйдинова, Цветалин Петков,
Али Кязимов

Каолин АД, ул. Дъбрава № 8, 7038 Сеново, обл. Русе, България;
E-mail: kmincheva@kaolin.bg

ABSTRACT

In a laboratory scale it was studied the possibility to obtain qualitative feldspar concentrates from albitized granites. Several technological processes were carried out: gravity separation by spiral concentrator, magnetic separation (dry and wet), a combination of gravity and magnetic separation. The experimental results show that there are possibility to obtain the sodium feldspar concentrates with low content of Fe_2O_3 and TiO_2 from albite granites. The combination of gravity separation and magnetic separation is an effective means to produce high quality feldspar concentrates.

Key words: Feldspar, Magnetic Separation, Spiral concentrator

ВЪВЕДЕНИЕ

Находище „Канарата” се намира в югоизточната част на Република България и се концесионира от фирма Каолин. Албитизираните гранити от находището имат следния минерален състав: основни минерали – албит (над 70 % от скалата), кварц; второстепенни минерали – амфибол, биотит, талк, хлорит; акцесорни минерали – рутил, титанит, апатит, актинолит, циркон, пирит, галенит, турмалин, магнетит (около 1.3 %) [5].

Принципната технологична схема на получаване на фелдшпатни концентрати от албитните гранити на находището включва следните основни процеси: трошене и класиране на суровината; смилане и дешламиране; флотация (т.нар. обратна флотация за отстраняване на Fe- и Ti-съдържащите минерали); обезводняване и сушене на фелдшпатовия концентрат [5].

В последните години строгите екологични наредби и намаляване броя на добрите находища превръщат магнитната сепарация в реална алтернатива на флотацията при производството на редица индустриални минерали, в частност фелдшпатите [1, 2, 4, 6]. Целта на настоящата разработка е изследване на възможностите за замяна на процеса флотация с процеси на гравитационно сепариране чрез спирален концентратор и магнитно сепариране при получаване на фелдшпатни концентрати от находище „Канарата”.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Като изходен материал е използвана проба преди флотация, взета в промишлени условия на работа на фабрика Устрем. Химичният, минералният и зърнометричният състав на пробата е посочен в Табл. 1.

Анализи

Химичният анализ на пробите е определен чрез атомно-емисионен спектрометър с индуктивно-свързана плазма (ICP-AES) Vista-MPX (Varian) след HF разлагане. Минералният анализ е установен посредством XRD D500 (Siemens). Зърнометричният анализ е проведен чрез вибрационно пресяване с Analysette-3 (Fritsch).

Приложени процеси на обогатяване

Гравитационна сепарация със спирален концентратор – тестовете са извършени със спирала на AKW A&V. Този концентратор е с единичен улей с 6 навивки. Височината на улея е 3350 mm, диаметърът на навивките - 700 mm, а стъпката на навивките - 330 mm. В горния край на спиралата е монтиран хидроциклон, който служи за дешламиране на

материала и за допълнителното му концентриране. Крайното съдържание на сухо вещество в долния продукт на хидроциклона (вход за спиралата) е 20 %, при което производителността на спиралата е 1 t/h.

Мокра магнитна сепарация – пробите са третирани с високо-ефективен сепаратор WHIMS 3×4L (Outotec) при максимална сила на магнитното поле и големина на сферите от 6.5 mm.

Суша магнитна сепарация – пробите са третирани с барабанен магнитен сепаратор с редкоземни елементи БС-20/30-Н-11.006 (Продэкология, Украйна) при скорост на барабана от 27 m/min и захранване от 0.6 t/h/m.

Таблица 1. Химичен, минерален и зърнометричен състав на изходната проба

Химичен анализ, %		Зърнометричен анализ, %	
SiO ₂	63.20	> 1.000 mm	0.00
Al ₂ O ₃	18.82	0.800 mm	0.04
Fe ₂ O ₃	1.17	0.630 mm	0.79
TiO ₂	0.80	0.400 mm	9.97
CaO	2.51	0.315 mm	9.64
MgO	2.70	0.250 mm	10.08
K ₂ O	0.19	0.160 mm	20.20
Na ₂ O	9.31	0.100 mm	16.42
L.o.i.	0.99	0.063 mm	12.54
Минерален анализ, %		< 0.063 mm	20.32
албит	~ 81		
амфибол	~ 10		
хлорит	~ 3		
талк	~ 3		
други (кварц, слюди, титанит, апатит и др.)	~ 3		

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЯ

В звено R&D на фирма Каолин са проведени няколко серии от тестове, резултатите от които са посочени в съответните таблици. В отделните серии изходната проба – материал преди флотация, е подложена на различни технологични операции или комбинации от тях.

Гравитационна сепарация

В първата серия от опити изходната проба е подложена на гравитационно сепариране. Резултатите от експериментите са обобщени в Табл. 2. От данните, представени в таблицата, се вижда, че съдържанието на Fe₂O₃ спада от 1.17 % съответно до 0.92 % (лека фракция I-стадий, добив 90.7 % спрямо входа) и 0.84 % (лека фракция II-стадий, добив 86.7 % спрямо входа), което е общо относително намаление спрямо входа от 28 %. Съдържанието на TiO₂ спада от 0.80 % съответно до 0.51 % и 0.38 %, което е общо относително намаление спрямо входа от около 53 %. Сумарното съдържание CaO + MgO спада от 5.21 % съответно до 4.64 % и 4.36 %, което е общо относително намаление спрямо входа от около 16 %. При гравитационна сепарация посредством спирален концентратор ефективността на процеса се определя от разликата в специфичните тегла на отделните частици – за добро разделяне е необходимо тази разлика да е над 1.0. Поради това в случая от албита (специфична плътност 2.6 g/cm³) се отделят тежки минерали с плътност над 3.5 g/cm³ (основно рутил със специфична плътност 4.2÷4.3 g/cm³, титанит - около 3.5 g/cm³ – носители на TiO₂) и в по-малка степен минералите с плътност под 3.5 g/cm³ (основно амфибол със специфична

плътност $2.9 \div 3.5 \text{ g/cm}^3$ – носител на Fe_2O_3 , CaO , MgO). Тази техника е приложена и при турски фелдшпати с цел отделяне на слюдата от фелдшпата [3].

Таблица 2. Продукти, получени при гравитационна сепарация на изходната проба

	Изходна проба	I-стадий спирален концентратор		II-стадий спирален концентратор	
		Лека фракция	Тежка фракция	Лека фракция	Тежка фракция
Химичен анализ, %					
SiO_2	63.20	64.60	46.50	64.80	54.80
Al_2O_3	18.82	18.94	8.84	19.19	11.05
Fe_2O_3	1.17	0.92	2.27	0.84	2.12
TiO_2	0.80	0.51	23.76	0.38	12.03
CaO	2.51	2.44	9.21	2.30	8.35
MgO	2.70	2.20	3.48	2.06	4.22
K_2O	0.19	0.18	0.24	0.18	0.30
Na_2O	9.31	9.36	4.30	9.42	5.83
L.o.i.	0.99	0.72	0.66	0.69	0.72

Магнитна сепарация

Във втората серия от опити изходната проба е подложена на II-стадийно магнитно сепариране с високо-ефективен сепаратор WHIMS 3×4L. Резултатите от експериментите са обобщени в Табл. 3.

Таблица 3. Продукти, получени при магнитна сепарация на изходната проба

	Изходна проба	I-стадий магнитен сепаратор		II-стадий магнитен сепаратор	
		Немагнитна фракция	Магнитна фракция	Немагнитна фракция	Магнитна фракция
Химичен анализ, %					
SiO_2	63.20	66.00	52.80	66.20	49.10
Al_2O_3	18.82	19.50	8.68	19.70	10.96
Fe_2O_3	1.17	0.36	6.17	0.27	5.52
TiO_2	0.80	0.65	2.20	0.64	6.48
CaO	2.51	1.72	7.39	1.67	4.72
MgO	2.70	0.81	16.42	0.60	14.51
K_2O	0.19	0.089	0.11	0.087	0.11
Na_2O	9.31	10.00	1.85	10.10	2.78
L.o.i.	0.99	0.64	4.01	0.60	5.44

От данните, представени в Табл. 3, се вижда, че съдържанието на Fe_2O_3 спада от 1.17 % съответно до 0.36 % (немагнитна фракция I-стадий, добив 86.0 % спрямо входа) и 0.27 % (немагнитна фракция II-стадий, добив 85.0 % спрямо входа), което е общо относително намаление спрямо входа от 77 %. Съдържанието на TiO_2 спада от 0.80 % до 0.65 % (без промяна след II-стадий), което е общо относително намаление спрямо входа от около 18 %. Сумарното съдържание $\text{CaO} + \text{MgO}$ спада от 5.21 % съответно до 2.53 % и 2.27 %, което е общо относително намаление спрямо входа от около 56 %. Чрез магнитна сепарация се отделят основно минералите с магнитни и парамагнитни свойства (амфибол и др.), носители на Fe_2O_3 . Поради отстраняването на амфибола се намалява и съдържанието на CaO и MgO .

Комбинация на гравитационна сепарация и магнитна сепарация

В третата серия от опити изходната проба е подложена на II-стадийно гравитационно сепариране, последвано от магнитно сепариране на леката фракция – I-стадийно мокро сепариране с високо-ефективен сепаратор (магнитна индукция около 2 Tesla) и III-стадийно сухо сепариране с барабанен магнитен сепаратор с редкоземни елементи (магнитна индукция около 0.7 Tesla). Резултатите от експериментите са обобщени в Табл. 4.

Таблица 4. Продукти, получени при комбинация на гравитационна сепарация и магнитна сепарация на изходната проба

	Изходна проба	Лека фракция спирален концентратор	Мокра магнитна сепарация		Суха магнитна сепарация	
			Немагнитна фракция	Магнитна фракция	Немагнитна фракция	Магнитна фракция
Химичен анализ, %						
SiO ₂	63.20	64.80	65.50	52.60	65.40	58.60
Al ₂ O ₃	18.82	19.19	20.25	9.61	19.99	15.94
Fe ₂ O ₃	1.17	0.84	0.20	6.39	0.22	2.36
TiO ₂	0.80	0.38	0.30	0.80	0.33	0.54
CaO	2.51	2.30	1.82	7.25	1.86	3.77
MgO	2.70	2.06	0.61	16.66	0.72	6.68
K ₂ O	0.19	0.18	0.13	0.32	0.14	0.24
Na ₂ O	9.31	9.42	10.47	2.54	10.30	7.65
L.o.i.	0.99	0.69	0.18	0.04	0.37	1.72
Минерален анализ, %						
албит	~ 81	~ 82	~ 89	~ 21	~ 88	~ 64
амфибол	~ 10	~ 8	~ 3	~ 52	~ 4	~ 22
хлорит	~ 3	~ 3	~ 2	~ 15	~ 2	~ 6
талк	~ 3	~ 3	~ 2	~ 7	~ 2	~ 4
кварц		следи	следи		следи	
слюди		следи	следи	~ 2	следи	следи
други	~ 3	~ 2	~ 2	~ 3	~ 2	~ 3

От данните, представени в Табл. 4, се вижда, че съдържанието на Fe₂O₃ спада от 1.17 % съответно до 0.84 % (лека фракция II-стадий), 0.20 % (немагнитна фракция I-стадий мокро сепариране, добив 76.9 % спрямо входа) и 0.22 % (немагнитна фракция III-стадий сухо сепариране, добив 68.5 % спрямо входа), което е общо относително намаление спрямо входа от около 82 %. Съдържанието на TiO₂ спада от 0.80 % до съответно 0.38 %, 0.30 % и 0.33 %, което е общо относително намаление спрямо входа от около 60 %. Сумарното съдържание CaO + MgO спада от 5.21 % съответно до 4.36 %, 2.43 % и 2.58 %, което е общо относително намаление спрямо входа от около 52 %. Следователно при обединяване на спирален концентратор и магнитен сепаратор едновременно намаляват всички вредни примеси (Fe₂O₃, TiO₂, CaO, MgO) и относително се увеличава съдържанието на полезния минерал албит (Na₂O), респ. получават се по-качествени марки фелдшпат. Поради по-високият интензитет на полето, по-добър ефект има мократа високо-интензивна магнитна сепарация, при която качествена марка концентрат се получава само с един стадий на сепариране.

Фелдшпатовите концентрати, получени при отделните тестове, са изпечени. Огневите проби (1250 °C) показват драстичната промяна в цвета на крайните продукти спрямо

изходната проба – от кафяв цвят с примес на зелено до светлокремав цвят, поради отделяне на вредните примеси.

Получените продукти чрез комбинация от спирален концентратор и магнитен сепаратор (сух или мокър метод) по своя химичен и минерален състав (табл. 4) съответстват на утвърдени марки фелдшпатни флотирани концентрати на фирма Каолин, с приложение в стъкларската промишленост и керамиката (санитарни изделия, плочки и др.).

ИЗВОДИ

Ефектът на спиралния концентратор е основно в намаляване концентрацията на TiO_2 , тъй като се отстраняват тежките минерали (главно рутил), носители на този окис.

Ефектът на магнитното сепарирание е основно в намаляване концентрацията на Fe_2O_3 , тъй като се отстраняват минерали с магнитни и парамагнитни свойства (основно амфибол), носители на този окис. Поради отстраняването на амфибола се намалява и съдържанието на CaO и MgO .

Ефектът от обединяване на спирален концентратор и магнитен сепаратор е в едновременното намаляване на всички вредни примеси (Fe_2O_3 , TiO_2 , CaO , MgO) и в относителното увеличение в пробите на полезния минерал албит (Na_2O), респ. в получаването на по-качествени марки фелдшпат. В този аспект магнитното сепарирание, в съчетание със спирален концентратор, може да се разглежда като алтернатива на флотацията.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bayraktar, İ., Ö. Y. Gülsoy, N. M. Can, E. C. Orhan, 2001. Feldspatların Zenginleştirilmesi, IV Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, Türkiye, 97-105
2. Fears, P., 2008. New Thinking on Wet Magnetic Treatment of Feldspar, Filtration, 8, 38-39
3. Gülsoy, Ö. Y., M. Kademli, 2006. Effects of Operational Parameters of Spiral Concentrator on Mica-Feldspar Separation, Trans. Inst. Min. Metall. C-Miner., 115, 80-86
4. Gülsoy, Ö. Y., E. C. Orhan, N. M. Can, 2004. Feldspar Production from Bursa-Orhaneli Syenites, Madencilik, 43, 17-28
5. Hadjiev, A., P. Hadjiev, 2003. Mineralogical Assessment and Amenability of Albitized Granite Occurring in Kanarata Deposit, Proceedings of X Balkan Mineral Processing Congress, Varna, Bulgaria, 18-22
6. Ibrahim, S. S., H. A. Mohamed, T. R. Boulos, 2002. Dry Magnetic Separation of Nepheline Syenite Ores, Physicochemical Problems of Mineral Processing, 36, 173-183