

Potas (łac. *kalium* – K) – pierwiastek reprezentatywny należący do głównej rodziny 1b (litowce Li, Na, K, Rb, Cs, Fr). Ma 2 izotopy trwałe ^{39}K i ^{41}K . Rozpowszechnienie w skorupie ziemskiej wynosi 2,5% wag. Minerale użyteczne K zestawiono w tab. 1. Znajduje się również w wodach morskich a także wchodzi w skład krzemianów i glinokrzemianów.

Tabela 1. Potas – Kopaliny

Nazwa	Wzór chemiczny	Teor. zaw. Pb [%]	Twardość	Gęstość
Ałun potasowy	$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	9,93	2–2,5	1,76
Glazeryt	$\text{K}_3\text{Na}(\text{SO}_4)_2$	41,52	3	2,66
Kainit	$\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	15,70	3	2,1
Karnalit	$\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	16,99	1–2	1,60
Langbeinit	$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$		3,5–4	
Pikromeryt	$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4$	23,39	2,5	2,03
Polihalit	$\text{K}_2\text{MgCa}_2(\text{SO}_4)_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	15,62	3–3,5	2,77
Sengenit	$\text{K}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	28,68	2,5	1,58–1,60
Sylwin	KCl	63,17	4	1,98
Schoenit	$\text{K}_2\text{Mg}[\text{SO}_4]_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (23,4 K_2O)			

Przeróbka mechaniczna

Przy wzbogacaniu surowych soli potasowych zakłada się podstawowy proces technologiczny mający na celu oddzielenie ziaren zawierających minerały potasu od innych (halit, anhydryt, itp., a także minerały ilaste, kwarc, itp.). Powinien również nastąpić rozdział na sole potasu siarczanowe i chlorowe.

Minerały potasu oraz znaczna liczba innych minerałów solnych jest łatwo rozpuszczalna w wodzie. Stąd też stosowane procesy przerobcze powinny odbywać się bez udziału wody (procesy suche), jeżeli zachodzi konieczność zastosowania metod mokrych wzbogacanie prowadzone być musi w nasyconym roztworze tych soli.

Stosowane są następujące technologie przeróbki mechanicznej soli potasowych:

- wzbogacanie elektrostatyczne,
- wzbogacanie w cieczach ciężkich,
- wzbogacanie flotacyjne,
- wzbogacanie flotograwitacyjne.

Wzbogacanie elektrostatyczne praktycznie suchych soli potasowych możliwe jest dzięki selektywnemu rozłożeniu ładunków elektrycznych na powierzchni ziaren sylwinu i halitu w czasie ich wstępnego przygotowania. Przygotowanie to polega na podgrzewaniu surowego materiału, a następnie poddaniu go elektryzacji lub też na poddaniu materiału obróbce chemicznej w celu zmiany ich przewodności powierzchniowej. Wzbogacanie prowadzi się w wąskich klasach ziarnowych. Termiczne przy-

gotowanie nadawy polega na jej podgrzaniu do temperatury 400–500°C, a następnie ochłodzeniu do 50–120°C i wzbogacaniu w separatorze elektrostatycznym. Z produktu surowego o ziarnistości 0–1,4 mm zawierającego 20–30% KCl poddanego termicznej obróbce, a następnie dwukrotnie wzbogacanego w separatorze elektrostatycznym uzyskuje się w warunkach przemysłowych koncentrat o zawartości 95% KCl i odpady o zawartości <5% KCl. Część odpadów zawierającą 99% NaCl traktuje się jako sól przemysłową. Wzbogacanie można prowadzić również w separatorach tryboelektrycznych. W tym przypadku skalę po ogrzaniu ochładza się na aluminiowej wstrząsanej płycie do 110–130°C. Sylwin i halit ładują się różnoimiennie i dobrze rozdzielają się w separatorze tryboelektrycznym.

Chemiczne przygotowanie polega na poddawaniu nadawy, podgrzanej do 50–70°C przez okres 1–4 minut w warunkach sfluidyzowanych, działaniu kwasu benzenosulfonowego (50–70 g/tonę) lub kwasu salicylowego (120–150 g/tonę). Po czym poddaje się ją elektryzacji. Sylwin i halit otrzymują różne co do wielkości ładunki dzięki czemu rozdzielają się z dużą efektywnością. Przy trójstopniowym wzbogacaniu klas ziarnowych 2–0,5 mm i 0,5–0,7 mm (natężenie pola odpowiednio 5 i 2–3 kV/cm) otrzymuje się koncentraty o zawartości do 95% KCl i uzysku >90% oraz odpady zawierające 2–5% KCl.

Wzbogacaniu w cieczach ciężkich poddaje się grubo uziarnione sole potasowe. Zastosowanie tej metody do wzbogacania ziaren o wymiarze 30–50 mm

pozwała na wydzielenie nawet do 40% zanieczyszczeń. Wzbogacanie to stosuje się w połączeniu z innymi metodami przeróbki soli potasowych. Wzbogacanie prowadzone jest w ośrodku roztworu wodnego nasyconego wzbogacaną solą potasową. Jako obciążnik stosuje się magnetyt, który jest najkorzystniejszy ze względu na regenerację cieczy ciężkiej. Sole potasowe o uziarnieniu 1–5 mm można również wzbogacać w cyklonach z cieczą ciężką. Proces prowadzi się również w ośrodku nasyconego roztworu soli przy zastosowaniu obciążnika magnetytowego. Wzbogacanie soli potasowych w cieczach ciężkich umożliwia nam rozdzielenie sylwinitu (gęstość – 1,98 g/cm³), langbeinitu i polihalitu (gęstość – 2,8 g/cm³) od halitu (gęstość – 2,17 g/cm³).

Zastosowanie wzbogacania w cieczach ciężkich (w zakresie ziaren średnich i drobnych) wymaga badań określających skład materiału surowego oraz stopień czystości koncentratu i odpadów, które ustalą czy proces wzbogacania będzie procesem głównym, dającym ostateczny koncentrat, czy też będzie to proces przygotowawczy, mający na celu oddzielenie znacznej części odpadów i przygotowujący materiał do innych procesów wzbogacania.

Flotacyjne wzbogacanie soli potasowych jest obecnie najbardziej rozpowszechnioną metodą przeróbki soli potasowych. Proces odbywa się w nasyconym roztworze wzbogacanej soli. Jako odczynniki flotacyjne stosuje się najczęściej kwas karboksylowy (C₇ – C₁₈), zbieracze kationowe (aminy alifatyczne

o długim łańcuchu), siarczany alkilu. Nie używa się odczynników pianotwórczych, gdyż i bez ich udziału w czasie mieszania nasyconego roztworu soli w maszynach flotacyjnych powstaje piana. Zbieracze, które tworzą w pulpie trudno rozpuszczalne związki, są mało przydatne przy flotacji soli. W związku z tym z kwasów tłuszczowych dobrymi zbieraczami są kwasy o łańcuchach krótkich C₇–C₉. W warunkach laboratoryjnych dobrymi zbieraczami są odczynniki typu siarczanu alkilu. W warunkach przemysłowych najkorzystniejsze są aminy. Dobór odczynników dla różnych mieszanin przedstawiono w tabeli 2.

Podczas flotacji duże znaczenie ma pH roztworu. Flotacja soli kwasami tłuszczowymi powinna odbywać się przy pH > 6, aminami przy pH = 2–8. Flotacja przy pomocy siarczanu alkilu nie zależy od pH roztworu. Flotowalność poszczególnych minerałów solnych zależy od ich rozpuszczalności w ośrodku wzbogacania. Gdy zbieracze nie tworzą trudno rozpuszczalnych związków z kationami flotującego minerału, flotacja zachodzi łatwiej w ośrodkach zwiększających rozpuszczalność minerałów. Przeciwnie, gdy zbieracze mogą tworzyć z kationami minerału trudno rozpuszczalne związki, flotację należy przeprowadzać w ośrodkach zmniejszających rozpuszczalność minerału.

Do rozdziału flotacyjnego sylwinitu i halitu opracowane są dwie metody: flotacja halitu i flotacja sylwinitu.

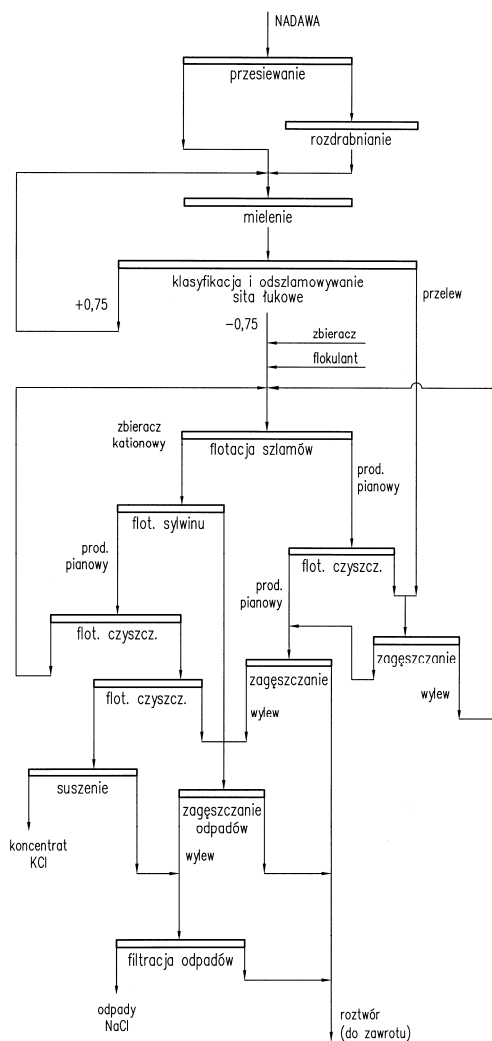
Flotacja halitu z sylwinitu odbywa się przy po-

Tabela 2. Dobór odczynników dla flotacyjnego rozdziału soli potasowych

Główne składniki kopaliny	Odczynniki	Minerał flotujący
Sylwin + halit	$\text{RCOOH} \left\{ \begin{array}{l} \text{C}_7 \\ \text{C}_9 \end{array} \right\}, \text{pH} = 6$	Halit
Sylwin + halit	$\text{RCOOH} \left\{ \begin{array}{l} \text{C}_7 \\ \text{C}_9 \end{array} \right\} + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	Halit
Sylwin + halit	$\text{RSO}_3 \text{C}_{18} $	Sylwin
Sylwin + halit	Odczynniki kationowe (C ₆ – C ₁₂)	Sylwin
Sylwin	$\text{RCOOH} \left\{ \begin{array}{l} \text{C}_7 \\ \text{C}_9 \end{array} \right\}, \text{pH} > 7$	Sylwin
K ₂ SO ₄ + NaCl	RCOOH, pH > 6,5	K ₂ SO ₄
K ₂ SO ₄ + NaCl	RCOOH, pH > 6,0	K ₂ SO ₄
Glaseryt + halit	ROSO ₃ Na	NaK ₃ (SO ₄) ₂
Glaseryt + halit	RCOOH + Pb(NO ₃) ₂	Halit
Glaseryt + sylwin + halit	ROSO ₃ Na	Glaseryt + sylwin
Langbeinit + halit	ROSO ₃ Na C ₁₈	Langbeinit
Schoenit + sylwin + halit	RCOOH · ROSO ₃ Na (C ₄ – C ₁₁)	Schönit
Polihalit + halit	RCOOH, ROSO ₃ Na	Polihalit
Sylwin + kainit + langbeinit + polihalit + halit	RSO ₃ Na	Kainit + langbeinit + polihalit

mocy kwasów karboksylowych lub ich alkalicznych soli w ośrodku regulowanym solami Pb lub Bi. Wraz z halitem flotują minerały ilaste, gips, anhydryt i minerały zawierające żelazo. W ten sposób w jednej operacji usuwa się flotacyjnie większą część nadawy, sylwinity bowiem zawierają więcej halitu niż sylwinu.

Flotacja sylwinu z sylwinitu odbywa się przy pomocy zbieraczy anionowych (alkaliczne sole kwasów alkilosiarkowych, np. dodecylosiarczan sodowy) i kationowych (sole alkiloamin o długich łańcuchach). Obie grupy zbieraczy mają tę wadę, że są adsorbowane na ilach i szlamach minerałów nierozpuszczalnych, powodując ich flotację. Iły i szlamy zanieczyszczają koncentrat i znacznie utrudniają jego filtrację. Z tego też powodu przed flotacją sylwinu stosuje się odszlamowywanie nadawy, usuwające ziarna <0,074 mm. Stosuje się także odczynniki powodujące hydrofilizację skały płonnej, przez co obniża się adsorpcję amin. Z ważniejszych odczynników stosuje się krochmal, dekstryny, pochodne ligniny, celulozę, surowce białkowe. Niektóre z nich

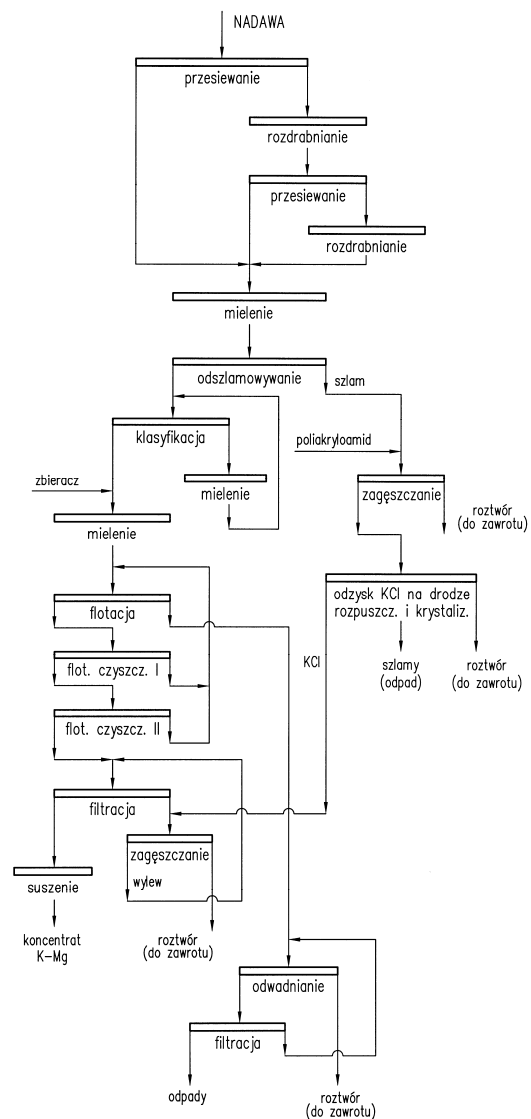


Rys. 1. Schemat technologiczny wzbogacania sylwinitu

(modyfikowane skrobie i żywice mannogalaktenowe) powodują selektywną flokulację ułatwiając usunięcie ilów z solanki.

Końcowymi produktami flotacji halitu lub sylwinu są koncentraty i odpady zwilżone solanką zawierającą KCl i NaCl. NaCl zawarty w koncentracie sylwinu obniża jego jakość. Z tego powodu, a także w celu uniknięcia strat solanki, produkty końcowe przemywa się wodą lub nienasyconym roztworem NaCl, który następnie włącza się do procesu flotacji. Końcowe produkty poddaje się suszeniu. Koncentraty zawierają około 95% KCl przy uzysku 85–90%. Ziarnistość koncentratu <0,75 mm.

Przy wzbogacaniu soli kainitowo-langbeinitowych dla wyflotowania siarczanów potasu i magnezu (langbeinit, polihalit) stosuje się kwas karboksylowy z łańcuchem C₇ – C₉ w ilości około 0,3–0,6 kg/t, natomiast dla flotacji chlorków (sylwin, kainit) stosuje się odczynniki kationowe w ilości 20–40 g/t.



Rys. 2. Schemat technologiczny wzbogacania soli kainitowo-langbeinitowej

Gdy w surowym materiale jest niewiele chlorków, zaleca się prowadzenie flotacji kolektywnej wszystkich minerałów potasowych stosując równocześnie kwasy karboksylowe i aminy. Minerale skały płonnej depresuje się poliakryloamidem i kwasem krzemowym (1500 g/t). Koncentraty zawierają 17–19% K_2O przy uzysku 75–80%. Ponieważ dochodzą straty roztworu odchodzącego ze szlamami, a także straty w procesie suszenia, uzysk w stosunku do nadawy wynosi 55–60%. Ziarnistość koncentratu po osuszeniu w warunkach sfluidyzowanych dochodzi na skutek zbrylenia ziaren do 3 m. Przykładowe schematy technologiczne flotacyjnego wzbogacania sylwinitu oraz soli kainitowo-langbeinitowej przedstawiono na rys. 1 i 2.

W porównaniu z przeróbką chemiczną wzbogacanie flotacyjne przynosi następujące korzyści: zmniejsza się korozja urządzeń, mniejsze jest zużycie ciepła, uproszczenie schematu technologicznego, zmniejszenie zbrylenia koncentratów w czasie składowania, poprawa warunków pracy.

Wzbogacanie flotograwitacyjne może być zastosowane wówczas, gdy uwolnienie ziaren minerałów użytecznych osiąga się przy stosunkowo niewielkim stopniu rozdrobnienia. W takich przypadkach sama flotacja może być niekorzystna ze względu na trudność flotowania ziaren grubych. Dla niektórych typów skał solnych uwolnienie następuje przy rozdrobnieniu <2 , czasem 3 mm. W tych przypadkach korzystne jest stosowanie maszyn flotograwitacyjnych.

W procesach przeróbki mechanicznej soli potasowych należy z urobku uzyskać następujące koncentraty (w % K_2O):

- 57–62 – techniczne koncentraty chlorowo-potasowe,
- 15–40 – koncentraty chlorowo-potasowe przeznaczone do produkcji nawozów,
- 16–32 – koncentraty siarczanowo-potasowe przeznaczone do produkcji nawozów,
- oraz $>88\%$ K_2SO_4 – techniczne koncentraty siarczanowo-potasowe.