

Wanad (łac. *vanadium* – V) – pierwiastek grupy V, rozpoczynający dodatkową rodzinę wanadowce (5a – V, Nb, Ta), układu okresowego pierwiastków. Ma tylko jeden izotop trwały ^{51}V . Jego rozpowszechnienie w skorupie ziemskiej ocenia się na $1,5 \cdot 10^{-2}\%$ wag. Liczne minerały wanadu (tab. 1) występują przeważnie w stanie rozproszenia. Jest to typowy pierwiastek współwystępujący z Fe, Ti, Pb, Zn, Cu. Samodzielne złoża rud wanadu są małe.

Tabela 1. Wanad – kopaliny

Nazwa	Wzór chemiczny	Teor. zaw. V [%]	Ukl. kryst.	Twardość	Gęstość
Sulvanit	Cu_3VS_4	13,78	reg.	3,5	4,0
Patronit	VS_4	28,43	jedn.	2,0	2,81
Coulsonit	$\text{V}_2^{3+}\text{Fe}^{2+}\text{O}^4$	4,84	reg.	4,5–5,0	5,17–5,20
Montroseit	$(\text{V}, \text{Fe})\text{OOH}$	66,90% V_2O_5	romb.	4,5	4,41
Wanadynit	$\text{Pb}_5[\text{Cl} (\text{VO}_4)_3]$	78% PbO 19% V_2O_5 2,5% Ce	heks.	3,0	6,88
Descloizyt	$\text{Pb}(\text{Zn}, \text{Cu})[\text{OH} \text{VO}_4]$	16,2–22,8% V_2O_5 dom. As, Mn, Fe	romb.	3,0–3,5	6,2
Mottramit	$\text{Pb}(\text{Cu}, \text{Zn})[\text{OH} \text{VO}_4]$		romb.	3,0–3,5	5,9
Karnotytyt	$\text{K}_2[\text{UO}_2]_2[\text{V}_2\text{O}_8] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	20,16% V_2O_5 63,42% UO_2	jedn.	4,0 2,0	3,4 4,46
Tiujamunit	$\text{Ca}[\text{UO}_2]_2[\text{V}_2\text{O}_8]$			1,0–2,0	3,26–3,66
Roscoelit	$\text{KV}_2[(\text{OH})_2\text{Al}.\text{Si}_3\text{O}_{10}]$	24,01% V_2O_5	jedn.	3,0	2,62

Przeróbka mechaniczna

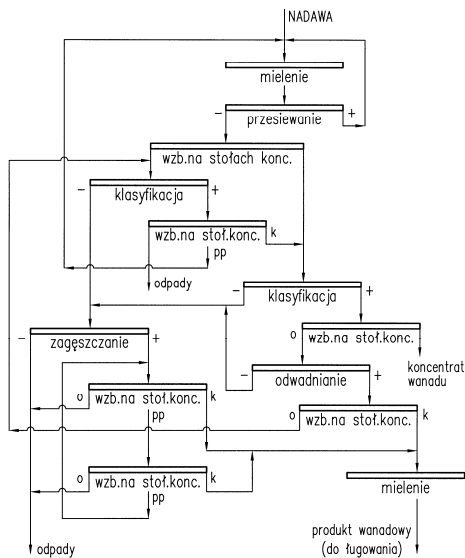
Procesom przeróbczym poddawane są rudy patronitowe, wanadynitowe, descloizytowe, carnotytowe. Metodami przeróbczymi wydziela się też kolektywne koncentraty żelazowo-wanadowe. Stosowane metody wzbogacania: ręczne, grawitacyjne i flotacja mają na celu przygotowanie wstępnych koncentratów, uszlachetnianych następnie na drodze wzbogacania chemicznego.

Rudy patronitowe, będące przez pewien czas główną kopalnią wanadu, wzbogacano ręcznie. Wybierano bryły i okruchy, zawierające około 11% V_2O_5 . Rudę uboższą rozdrabniano do ziaren poniżej 6 mm, a następnie prażono. Wypałki zawierały 22% V_2O_5 . Produkty te przekazywano do przeróbki chemicznej.

Rudy carnotytowe są kopaliniami wanadowo-uranowymi. Ze względu na łatwą ścieralność carnotytu rud tych nie wzbogaca się mechanicznie; lecz stosuje się przeróbkę hydrometalurgiczną. W niektórych przypadkach stosuje się wstępne wzbogacanie, polegające na ocieraniu rudy w celu oddzielenia carnotytu od ziaren kwarcu. Po odszlamowaniu i od-

rzuceniu piasków ziarna najdrobniejsze osadza się, a następnie kieruje się do ekstrakcji uranu. Gdy ruda zawiera węglany Ca, utrudniające dalszą przeróbkę, można stosować ich flotację przy pomocy mydeł. Kwarc i niewyflotowaną część uranonośną oraz szlamy kieruje się do ługowania. Carnotytyt można flotować stosując mieszaninę kwasu tłuszczowego o łańcuchu 10 atomów węgla i wysokocząsteczkowej alifatycznej aminy z powyżej 8 atomami węgla.

Rudy zawierające descloizyt i wanadynit w postaci grubowpryśniętych ziaren można wzbogacać grawitacyjnie, stosując stoły koncentracyjne. Przykład rozwiązania wzbogacania grawitacyjnego pokazano na rys. 1. Urobek rozdrabnia się w młynach, a następnie kieruje do wzbogacania wstępnego na stołach. Produkty poddaje się klasyfikacji i ponownie wzbogaca grawitacyjnie. W ten sposób z nadawy o zawartości 3% V_2O_5 uzyskuje się koncentrat o zawartości około 16,5% V_2O_5 . Frakcje szlamowe ze stołów kierowane są do zbiorników zagęszczająco-klasyfikujących, a następnie, po usunięciu najdrobniejszych ziaren odpadowych, wylew kierowany jest do dwustopniowego wzbogacania na stołach koncen-

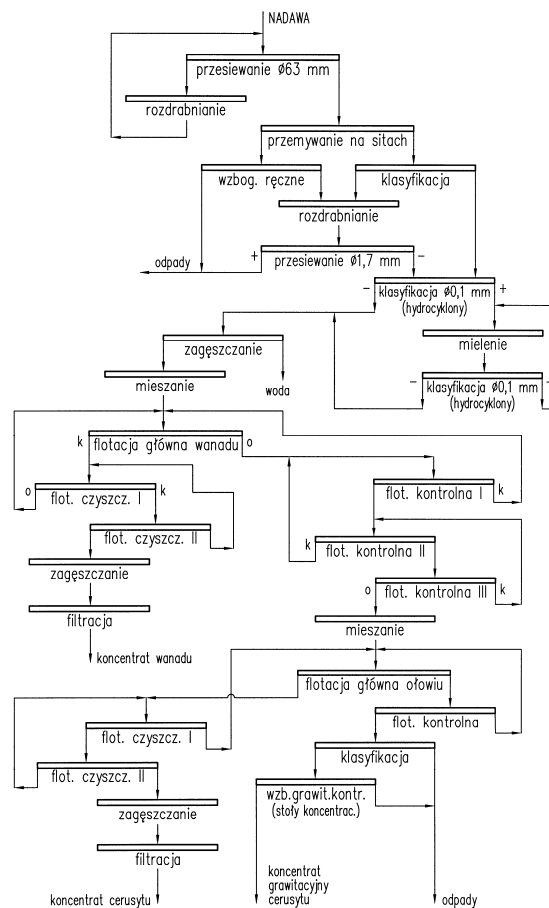


Rys. 1. Schemat wzbogacania grawitacyjnego rud wanadu

tracyjnych. Otrzymywane odpady są produktem ostatecznym, a koncentraty są półproduktem zawierającym około 8,5% V_2O_5 , przeznaczonym do przeróbki chemicznej.

Rudy zawierające drobno wprysnięty wanadynit i descloizyt wzbogaca się flotacyjnie. Wanadynit flotuje ksantogenianami, kwasami tłuszczowymi, aeroxantem 25. Odczynnikiem pianotwórczym jest metyloizobutylokarbinol. Siarczek sodu jest trwałym depresorem wanadynitu. Aktywatorem jest siarczan miedzi, a przy flotacji ksantogenianami – chlorek sodu. Descloizyt flotuje trudniej. Zbieraczami są ksantogeniany. Siarczek sodu może być depresorem i aktywatorem w zależności od sposobu stosowania. Rozpuszczony siarczek uniemożliwia adsorpcję kolektorów na descloizycie, a także usuwa powstałe już warstewki ksantogenianu, jednak w przypadku usunięcia pozostałego w roztworze siarczku można flotować descloizyt z ksantogenianami. W przypadku flotacji wanadynitu i descloizytu należy z pulpy usunąć jony Ca^{2+} i Mg^{2+} , które mają charakter depresujący. Schemat wzbogacania flotacyjnego minerałów wanadu pokazano na rys. 2.

W rudzie wanad występuje w postaci wanadynitu i descloizytu, a ołów w postaci cerusytu. Skałę płoną tworzą dolomit, kalcyt, kwarc, tlenki żelaza i żelaziste gliny. Minerale wanadu występują w postaci drobnych wprysnięć. Rudy grubo wprysnięte wzbogacano uprzednio na stołach koncentracyjnych. Ruda surowa, zawierająca 0,86–2,38 V_2O_5 i 3,5÷12,6% Pb, rozdrabniana jest w dwóch stopniach kruszenia i dwóch stopniach mielenia, a następnie gromadzona w zagęszczaczach w celu uśrednienia nadawy i osadzenia znacznych ilości szlamów. Z zagęszczacza ruda kierowana jest do flotacji głównej (pH = 8,7–9,0). Zbieraczem jest mieszanina etylowego amylo-



Rys. 2. Schemat wzbogacania flotacyjnego rudy Pb-V

wego ksantogenianu w stosunku 2:1 w ilości 600 g/t. Odczynnikiem pianotwórczym jest metyloizobutylokarbinol (125 g/t). Depresorem cerusytu jest węgiel sodu (2,4–3,6 kg/t). Koncentraty wanadu poddaje się dwustopniowej flotacji czyszczącej, dodając odczynniki zbierające (200 g/t). Odpady po czterokrotnej flotacji kontrolnej z dodatkiem ksantogenianów (100 g/t) miesza się z aktywatorem cerusytu (siarczek sodu – 1,25 kg/t), a następnie kieruje do cyklu flotacji ołowiu.

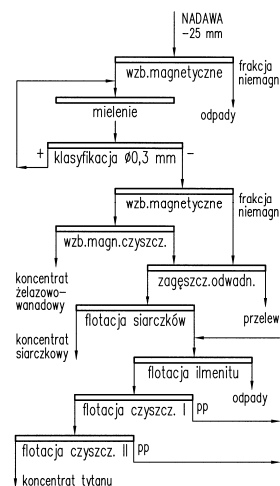
Cykl ten obejmuje flotację główną, kontrolną i dwie czyszczące; pH środowiska wynosi 9,3–9,6. Zbieraczem jest ksantogenian etylowy, odczynnikiem pianotwórczym Reagent 712. We wszystkich operacjach flotacyjnych stosuje się zmiękczenie wody. Odpady flotacji ołowiu klasyfikuje się w hydrocyklonach, kierując wylew na szlamowe stoły koncentracyjne, mające na celu kontrolę jakości odpadów. Na stołach otrzymuje się niewielką ilość koncentratu wanadowo-ołowiowego. Rezultaty osiągane przy wzbogacaniu rud opisaną metodą zestawiono w tabeli 2.

Znaczne ilości wanadu odzyskuje się z rud tytano-magnetytowych, w których występuje on w postaci domieszek w magnetycie. Przykładowy schemat wzbogacania rudy tytano-magnetytowej, o podwyższonej zawartości wanadu pokazano na rys. 3.

Tabela 2. Wyniki wzbogacania flotacyjnego rud wanadu

Produkt	Wychód, %	Zawartość, %		Uzysk, %	
		V ₂ O ₅	Pb	V ₂ O ₅	Pb
Nadawa	100,0	1,39	6,90	100,0	100,0
Koncentrat wanadowy	8,5	14,15	46,00	86,1	56,5
Koncentrat ołowiowy	2,5	0,38	66,37	0,7	23,8
Koncentrat stołów koncentracyjnych	0,6	5,84	39,30	2,6	3,6
Odpady sumaryczne	88,4	0,17	1,25	10,6	16,1

Urobek rozdrabniany jest poniżej 25 mm, a następnie wzbogacany wstępnie na sucho we wzbogacalnikach magnetycznych w celu usunięcia znacznej ilości odpadów. Po domieleniu frakcji magnetycznej do 0,3 mm wzbogaca się ją dwustopniowo we wzbogacalnikach magnetycznych o wyższym natężeniu pola. Otrzymuje się koncentrat żelazowo-wanadowy. Frakcje niemagnetyczne wzbogaca się flotacyjnie w celu odzyskania minerałów tytanu i pirytu. Koncentrat żelazowo-wanadowy zawiera 41,7% Fe i 16,5% przy uzysku 97,2% Fe₂O₄ i 54–55,5% V₂O₅. Frakcje niemagnetyczne zawierają 12,4% Fe i 4,3% V₂O₅. Koncentrat żelazowo-wanadowy rozdzielany jest na drodze chemicznej, np. prażenie z siarczanem sodu i ługowanie. Z koncentratów odzyskuje się w procesie przeróbki chemicznej około 45% V₂O₅.



Rys. 3. Schemat wydzielenia koncentratów Fe-V z rud tytanomagnetytowych