

COMPLEX POLYMETALLIC ORE BENEFICIATION INVESTIGATION

Georgi Merazchiev¹, **Natasha Troshanova¹**, **Nikolay Nestorov²**

¹GEOTECHCOPPER LTD, Bulgaria, Sofia
²DIAL LTD, Bulgaria, Sofia-Buhovo, 1830, office@dial-ltd.com

ABSTRACT. The report presents the results obtained when determining the beneficiation of an ore sample from a vein quartz-polymetallic deposit of ours. The material composition of the ore from the technological sample was studied through chemical, phase and mineralogical analyses. The quantity of the main beneficial components – Pb, Zn, Mo, Au, and Ag – was determined and their mineral carriers, as well as the relationships between them, were established. The grinding of the ore (class – 0.08 mm) depending on the duration of the operation was determined. Given the complex nature of the ore and the relatively low contents of the useful components in it, a collective scheme of flotation was adopted as the most suitable for flotation testing with subsequent selective operations for extracting the useful components in individual products. The technological parameters of flotation were determined by open-cycle experiments. Technological indicators of the flotation process in the collective cycle have been achieved with closed-cycle experiments. Due to the high recovery of the valuable components, it was not necessary to carry out gravity extraction of gold and silver from the ore or from the tailings of collective flotation. Further separation of the collective concentrate goes through several successive cycles: Molybdenum flotation; Pyrite flotation; Lead flotation; Zinc flotation. Recommendations are made for further development of flotation research on the various types of ore from the deposit.

Key words: gold, silver, molybdenum, flotation, laboratory.

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ОБОГАТИМОСТТА НА КОМПЛЕКСНА ПОЛИМЕТАЛНА РУДА.

Георги Меразчиев¹, **Наташа Трошанова¹**, **Николай Несторов²**

¹ГЕОТЕХКОПЕР ООД, България, София
²ДИАЛ ООД, България, София - Бухово, 1830

РЕЗЮМЕ. В доклада са показани резултатите, получени при определяне на обогатимостта на рудна проба от наше жилно кварц-полиметално находище. Вещественият състав на рудата от техноложката проба е изучен чрез химически, фазови и минераложки анализи. Определено е количеството на основните полезни компоненти – Pb, Zn, Mo, Au и Ag – и са установени както минералните им носители, така и взаимоотношенията между тях. Определено е смилането на рудата (клас – 0,08 mm) в зависимост от продължителността на операцията. Предвид комплексния характер на рудата и относително ниските съдържания на полезните компоненти в нея, като най-подходяща за флотационно тестване, е приета колективна схема на флотация с последващи селективни операции за извличане на полезните компоненти в самостоятелни продукти. Технологичните параметри на флотация са определени с опити в открит цикъл. Технологичните показатели на флотационния процес в колективния цикъл са постигнати с опити в затворен цикъл. Поради високото извличане на ценните компоненти, не се наложи провеждане на гравитационно извличане на злато и сребро от рудата или от отпадъка на колективна флотация. По-нататъшното разделяне на колективния концентрат преминава през няколко последователни цикъла: молибденова флотация; пиритна флотация; оловна флотация; цинкова флотация. Направени са препоръки за по-нататъшно развитие на флотационните изследвания върху различните типове руди от находището.

Ключови думи: злато, сребро, молибден, флотация, лабораторни.

Въведение

Тенденцията за намаляване на съдържанието на полезни компоненти в обогатяваните и подлежащи на проучване полиметални руди налага да се търсят нови подходи за извличането им в еднородни концентрати.

В този доклад се разглежда подобен пример.

- ✓ Zn – 0,46%
- ✓ Mo – 0,084%
- ✓ Au – 1,01 g/t
- ✓ Ag – 114 g/t

Проведеният фазов анализ на злато и сребро показва следното разпределение:

Таблица 1. Фазово разпределение на злато и сребро

Фаза на присъствие	Разпределение, %	
	Au	Ag
Свободно	16,8	15,4
Цианируемо	49,5	11,1
В окисна обвивка	7,9	12,8
В сулфиди	7,9	35,6
Финодисперсно	17,8	25,2

Изследване на обогатимостта на комплексна полиметална руда

Веществен състав на изследваната рудна проба

Доставената рудна техноложка проба е подготвена и разработена по класическа схема за подготовка на рудни техноложки проби за провеждане на лабораторни изследвания и флотационни тестове и доведена до едрина 3 – 0 mm. Чрез провеждане на химически и фазови анализи е определен вещественият ѝ състав. За установяване на минералното разнообразие са извършени макроснимки и микроскопски оптични наблюдения върху рудни късове и значителен брой аншлифи.

В резултат на тези анализи е установено, че в рудата се съдържат следните полезни компоненти:

- ✓ Pb – 0,39%

Цинкът е основно под формата на сфалерит – 91,2% отн, в неразтворими минерали са 5,4% отн, а в окисни минерали – 3,4% отн.

Оловото е разпространено основно под формата на галенит – 90,2% отн, а в неразтворими минерали са останалите 9,8% от него.

С оптични изследвания в отразена светлина е установено, че рудата от техноложката проба се

характеризира като полиметална злато-сребро-съдържаща с разнообразен минерален състав. Основните рудни минерали са:

- ✓ Първични – пирит, сфалерит, галенит, молибденит, оловно-бисмутови сулфосоли, халкопирит, самородно злато, магнетит;
- ✓ Вторични – ковелин.

Общото количество на рудните минерали в пробата е около 4 – 5%.

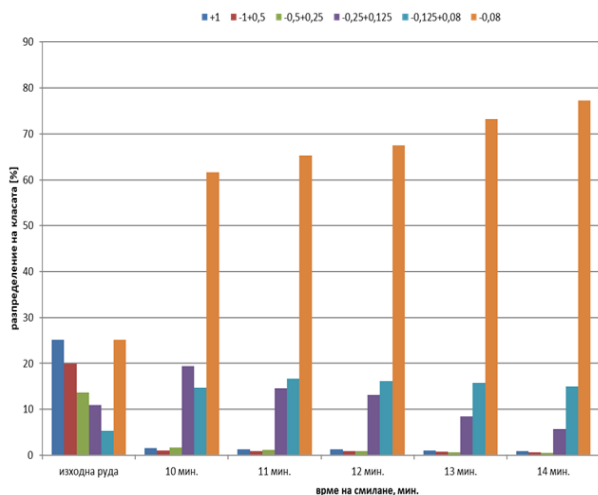
Златото в техноложката проба се наблюдава в собствена минерална форма – в самороден вид – с неправилна, овална капковидна форма. То прониква по пори, пукнатини и празнини в пирита и оловно-бисмутовата сулфосол, в които е наблюдавано. Микросондовите анализи показват, че то е умерено високопробно злато с пробност от 842 до 848.

Среброто не се установява при обикновените наблюдения. То се наблюдава с микросондови анализи като налично в самородното злато, в оловно-бисмутовите сулфосоли и в галенит.

Нерудни минерали – кварц, слюди, фелдшпати, калцит.

Преобладаващият минерал е кварцът, чието количество в разгледаните полирани препарати достига до 85%. Останалите нерудни минерали са слабо разпространени.

Химическите и минераложки анализи на смляна руда показват, че с увеличаване степента на смилане се повишава разкриването на минералите под формата на свободни зърна в едноименните класи.

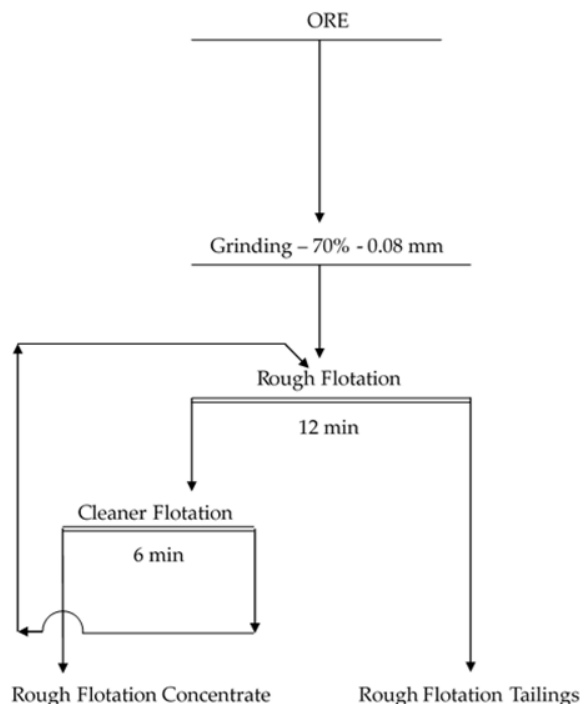


Фиг. 1. Определяне на оптимална степен на смилане

Лабораторни тестове за изследване на обогатимостта на рудата

1. Предварителни показатели на колективна флотация

Имайки предвид комплексният веществен състав на техноложката проба и относително ниските съдържания на почти всички полезни компоненти в нея, бе прието тя да се изследва на обогатимост по схемата на колективно-селективна флотация. Тази схема обхваща следните пет цикъла: колективна флотация, молибденова флотация, пиритна флотация, оловна флотация и цинкова флотация.



Фиг. 2. Затворен цикъл на колективна флотация

Съществено внимание е отделено за определяне влиянието на основните технологични параметри, влияещи върху технологичните показатели на колективна флотация – разходи на регулатор на средата (NaCO_3), депресор на скалната маса (Na_2SiO_3), активатор (CuSO_4), събиратели и смеси от тях (керосин, К-изобутилов ксантогенат и аерофлот 238), както и продължителността на флотацията. За определяне на оптималната стойност на всеки параметър на технологичния режим на колективна флотация са извършени серии опити открит цикъл по метода на Зайдел-Гаус.

С установените оптимални параметри на технологичния режим по схемата, състояща се от основна колективна, контролна колективна и пречиствка на концентрата от основна флотация са извършени опити в затворен цикъл на колективна флотация от четири тегла (по 3 kg за тегло) за определяне на технологичните показатели на колективна флотация.

При създадените оптимални условия за флотация на сулфидите, добивът на получения концентрат е 6,93% и в него се съдържат 5,4% Pb; 6,5% Zn; 1% Mo; 0,5% Bi; 11,3 g/t Ag. Постигнатото извличане на тези компоненти в колективния концентрат е високо и е съответно: 94,2% за оловото, 96,4% за цинка; 81,7% за молибдена, 92,8% за бисмута, 98,9% за златото и 94,6% за среброто.

2. Предварителни показатели на молибденова флотация

Селекцията на молибденита от колективния концентрат е осъществена с опити в открит цикъл по схемата, включваща предварително съгъстяване на колективния концентрат и последователна агитация с NaHS – за депресиране на останалите сулфиди; водно стъкло – за депресия на нерудните минерали и керосин – за активиране на молибденита. Количествата им са съответно 7 kg/t; 1,75 kg/t и 0,035 kg/t колективен концентрат. Самата молибденова флотация включва

основна молибденова флотация и една пречистка на получения молибденов концентрат. По тази схема и режим на флотация в молибденовия концентрат от първа пречистка се съдържат 9,8% Мо, като извличането му от колективния концентрат е 69%.

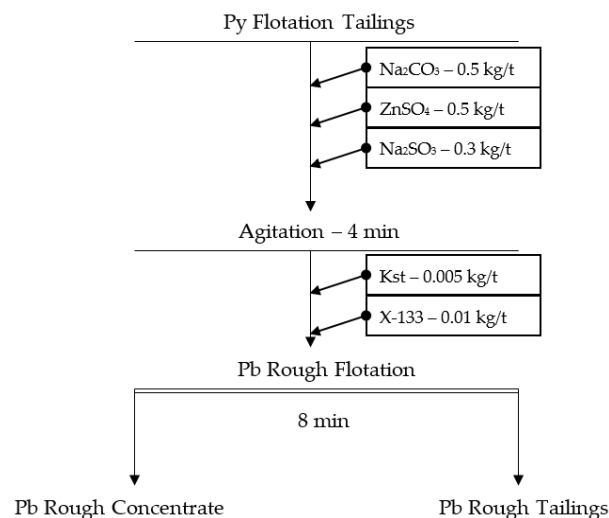
3. Предварителни показатели на пиритна флотация

В практиката на обогатяване на полиметални руди пиритът обикновено се отделя като краен отпадъчен продукт след получаването на оловен и цинков концентрат. Но в настоящия случай, поради високото му съдържание в колективния концентрат, се налага пиритът да се извлече от колективния концентрат веднага след отделянето на молибденита.

Пиритната флотация е извършена по схемата включваща: аерация, основна пиритна флотация и пречистна флотация на пиритния концентрат. Като реагенти са използвани ксантогенат и пенообразувател (X-133). По тази схема се получава пиритен концентрат от първа пречистка с добив – 26,3%, съдържащ 49,5% S, като извличането от отпадъка на молибденова флотация е 44,4%. В този концентрат се съдържат 11 g/t злато и 350 g/t сребро.

4. Предварителни показатели на оловна флотация

Поради намалялото количество на продукта захранващ този цикъл (отпадък от пиритна флотация) и обема на ползваните флотационни машини, се наложи да се ограничи броят на операциите в оловна флотация. Тествана е само една операция от оловния цикъл – основна оловна флотация.



Фиг. 3. Оловна флотация

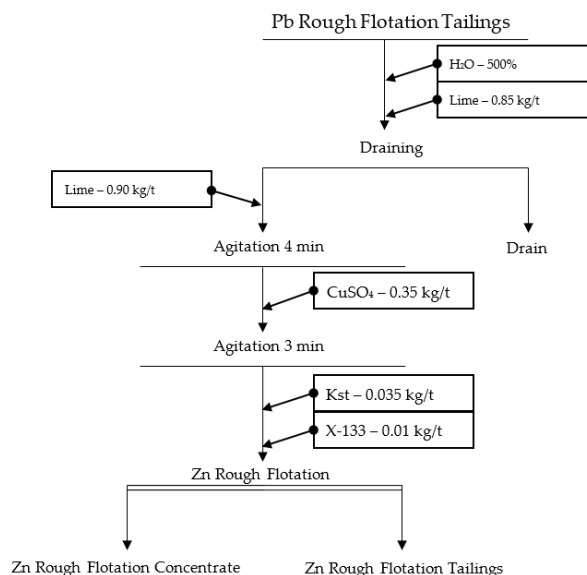
Основна оловна флотация е извършена по схема, в която отпадъкът от пиритна флотация се подлага на двукратно отмиване с вода:твърдо тъй както 10:1 и 30:1 за отделяне на адсорбираните реагенти от повърхността на минералите. След това продуктът се съгъства и подлага на последователна агитация с Na_2CO_3 , ZnSO_4 , и Na_2SO_3 .

Добивът на получения концентрат от основна оловна флотация е 54,5%. В него се съдържат: 13,2% Pb; 17,7% Zn; 1,26% Bi; 25,3 g/t Au и 3860 g/t Ag. Извличането на компонентите от отпадък пиритна флотация е съответно

82,3% на оловото, 88,9% на цинка, 76,2% на бисмута, 80,9% на златото и 80,7% на среброто.

5. Предварителни показатели на цинкова флотация

И в този цикъл, поради малкото количество на продукта, който го захранва (отпадък от оловна флотация), се наложи цинковата флотация на изследваната рудна техноложка проба да се тества само с една операция – основна цинкова флотация. Тя е осъществена по схема, в която отпадъкът от оловна флотация се съгъства и подлага на последователна агитация с вар и CuSO_4 . След подаване на ксантогенат и пенообразувател (X-133) се извършва основна цинкова флотация.



Фиг. 4. Цинкова флотация

Полученият концентрат от основна цинкова флотация съдържа 20,1% Zn, а извличането му от отпадък от оловна флотация е 80,8%. В него се съдържат 30,4 g/t злато и 2890 g/t сребро.

Изводи и препоръки

Изследваната рудна техноложка проба се характеризира, като полиметална злато-сребросъдържаща руда с разнообразен минерален състав. Над 90% от носителите на оловото и цинка са сулфидни минерали (галенит и сфалерит). Почти половината от златото е в цианируема фаза на присъствие, а по около 20% финодисно и свободно. Повече от 35% от среброто е свързано със сулфидите, една четвърт е финодисперсно, а около 15% е в свободна фаза на присъствие.

Колективната схема на флотация с последваща селекция на получения колективен концентрат е подходяща за обогатяването на този тип руда поради комплексния ѝ състав и относително ниските съдържания на полезни компоненти.

В цикъла на колективна флотация се получава колективен концентрат, в който се извличат от руда: 94,2% от оловото, 96,4% от цинка, 81,7% от молибдена, 98,9% от златото и 94,6% от среброто.

Поради ограниченото количество на изходен материал, при селектиране на отделни концентрати са проведени само тестове в отворен цикъл на флотация с цел определяне на възможностите за селекция на сулфидния колективен концентрат.

В молибденовия цикъл, полученият концентрат от първа пречистка съдържа 9,8% молибден при извличане от колективен концентрат 69%. По-нататъшното развитие на схемата на молибденова флотация, с осъществяване на допълнителен брой пречистки и на други операции, би довело до получаването на концентрат, съдържащ над 40% молибден.

В цикъла на пиритна флотация е получен пиритен концентрат, съдържащ 49,5% сяра, 11 g/t злато и 350 g/t сребро.

В цикъла на оловна флотация, от основна флотация е получен концентрат с 13,2% олово, 25,3 g/t злато и 3860 g/t

сребро. По-нататъшното развитие на оловна флотация също би довело до получаването на стандартни продукти.

Полученият концентрат от основна цинкова флотация съдържа 20,1% цинк, 30,4 g/t злато и 2890 g/t сребро.

За разработването на технология за обогатяване на изследваната руда и определяне на показателите при получаване на самостоятелни концентрати трябва да се проведат допълнителни детайлни лабораторни изследвания върху предоставената техноложка проба в необходимото количество.

Литература

- Зеленов, В. И. (1988). *Методика изследвания злато сребро съдържащите руд.*
- Николаев, Гр. (1992). *Месторождения на полезни изкопаеми.*