

**Универзитет “Св. Кирил и Методиј”-  
Скопје  
Рударско-геолошки факултет - Штип**

## **ИСТРАЖУВАЊЕ**

# **МЕТОДИ НА МИНЕРАЛОШКИ ИСПИТУВАЊА И НИВНАТА ПРИМЕНА ВО МИНЕРАЛНА ТЕХНОЛОГИЈА**

10.08.2006 год.  
Штип

# МЕТОДИ НА МИНЕРАЛОШКИ ИСПИТУВАЊА И НИВНАТА ПРИМЕНА ВО МИНЕРАЛНА ТЕХНОЛОГИЈА

Под поимот припрема на една минерална суровина се подразбира отварање и селективно издвојување на минералите. Двете операции се подеднакво сложени и тесно поврзани, и како такви треба да се посматраат.

Минералите по својот состав се сложени. Меѓутоа, во најголем број случаеви нивното присуство во суровината се одредува преку хемиска анализа на истата. При тоа, пресметката на количината на минералите во суровината се врши преку теоретските состави на чистите минерали. Тоа воопшто не одговара на реалноста и не ја објаснува природата на дадениот минерал.

Познато е дека однесувањето на минералите спрема уситнувањето е различно и зависи од многу параметри, пред се од физичко - хемиските карактеристики, средината во која се наоѓа, големината, обликот и начинот на сраснување, па според тоа оптималното отварање на една минерална суровина за процесот на концентрација не може да се посматра преку гранулометрискиот состав или преку одредувањето на тежинскиот удел на класата -200 меша, како што обично се прави. Зголемувањето на финоќата на мелење, во извесни случаи, не мора да допринесе и до подобрување во ослободувањето на корисните минерали, туку едноставно, може да предизвика смалување на големината на сраснатите зрна и уситнување на веќе ослободените корисни минерали.

Честа појава во праксата е, кога не се постигаат задоволителни резултати при селективното одвојување на минералите во засебни концентрати, причината да се бара во сложените структурно - текстурни карактеристики на суровината или само заради интерпретација на резултатите добиени при технолошките испитувања, ориентационо се прегледа јаловината. Ваквиот однос при истражувањето е секако погрешен. Денеска се повеќе се преработуваат сиромашни руди и руди со сложен состав, тоа бара студиозно испитување, како на влезната суровина така и во сите фази на припремата. Еден од начините на таквото испитување би бил:

А - Испитување на влезната суровина:

- квалитативно - квантитативен состав (хемиски и минерални)
- асоцијација на корисните и пратечките минерали
- чистоќа на минералите (физичка и хемиска)
- секундарна измена на минералите
- облик, големина и начин на сраснување на минералите

- Б - Испитување на суровината во процесот на отварање, сукцесивно со зголемување на финоќата на мелење:
- гранулометриски и хемиски состав
  - оптимален степен на ослободеност на корисните минерали
  - удел на корисните минерали во најситната класа, ред на големина испод 10 микрона
  - состав на сраснатите зрна (квантитативно-минерален, големина, облик и начин на сраснување).

- В - Испитување на производите на концентрација:
- гранулометриски и хемиски состав
  - удел на корисните минерали во слободните и сраснатите зрна
  - состав на сраснатите зрна (квантитативно-минерален, големина, облик и начин на сраснување на минералите).

- Добиените податоци на вака обемно испитување основа се за:
- 1 - разгледување на можноста за користење на суровината воопшто
  - 2 - избор на соодветна метода на концентрација
  - 3 - усовршување и прилагодување на процесот на концентрација на дадената суровина
  - 4 - евентуално воведување на нова постапка на концентрација.

#### КРАТОК ОПИС НА МЕТОДИТЕ НА МИНЕРАЛОШКО ИСПИТУВАЊЕ КОИ ИМААТ ПОШИРОКА ПРИМЕНА ВО МИНЕРАЛНАТА ТЕХНОЛОГИЈА

Методите кои се користат за испитување на минералите или минералните суровини се многубројни. Која метода и кога ќе се примени, зависи пред се од природата на суровината и потребните информации кои се првенствено врзани за подобрување на технолошкиот процес или, во оквир на научно - истражувачката работа, за објаснување на определени феномени во процесот на концентрацијата.

*Од оптичкиите методи* на испитување најширока примена имаат испитувањата со бинокуларен стереоскопски микроскоп, рудна и петрографска микроскопија.

*Од физичките методи* на испитување поголема примена имаат рендген и спектралната анализа, помалку луминисцентната анализа, електронската микроскопија и др.

*Од физичко-хемиските методи* на испитување воглавно се користи термичка анализа, поретко поларографска, електродијализа и др.

*Хемиските методи* на испитување имаат широка примена во минералната технологија. Покрај класичните методи на испитување на квалитативно - квантитативниот состав, се применува и рационална хемиска анализа.

### *Испитувања со бинакуларен стереомикроскоп*

Бинакуларен стереомикроскоп има едноставна конструкција и по функционалноста одговара на сложена лупа.

Микроскопот се состои од два објектива, кои се прицврстени за дупли тубус на чии горен крај се наоѓаат два окулара. Вкупното зголемување на микроскопот е околу 200 пати.

Пробата - зрната се ставаат на рамна стаклена плочка и потоа на столчето на микроскопот. Со помрднување на тубусот со помош на навојот се изострува сликата на предметот.

Добра крупност на зрната за испитување со овој микроскоп е од 0.1 до 2 mm. Со помало зголемување можат да се испитуваат и зрна со крупност и до 5 mm. Со успех можат да се дијагностицираат зрна до крупност од околу 50 микрона. Испод оваа крупност испитувањата се отежнати а резултатите несигурни.

Минералите се дијагностицираат врз основа на карактеристики кои се запазуваат и макроскопски. Во прилог е даден табличен приказ на поважните минерали со нивните карактеристики за дијагностицирање под бинакуларен стереомикроскоп.

Минералите можат да се испитуваат и во сува состојба и после квасењето со вода. Тоа го прави овој микроскоп погоден за користење во сите фази на припремата на една минерална суровина. Меѓутоа, оваа метода не дава голема точност и треба да се користи во случаи кога ни се доволни ориентациони податоци. Ова поради тоа што, тешко се дијагностицираат ситните зрна и минералите со слични карактеристики. Внатрешноста на зрната не е достапна за испитување, тоа го оневозможува испитувањето на сраснатите зрна, посебно на металичните минерали.

### *Испитување со руден поларизационен микроскоп*

Рудниот поларизационен микроскоп има голема примена во минералната технологија. Со него се обезбедуваат податоци, кои не можат или делумно можат, да се добијат со посложени и посовремени уреди. Ова се однесува на одредувањето на уделот на минералот во слободните и сраснатите зрна и на утврдувањето на големината, обликот и начинот на сраснување на минералите. Поради сето ова, рудниот микроскоп има голема примена во контролата на технолошките процеси, како во фазата на мелењето така и при испитувањето на квалитетот на концентратот, испитувањето на меѓупроизводите и жаловината.

Микроскопот се користи за испитување на металичните минерални суровини. Минералите во рудниот микроскоп се испитуваат преку поединечни пресеци, обработени до висок сјај, од чии површини поларизираната светлина се одбива и при тоа претрпува извесни промени (зависно од природата на минералот) што овозможува дијагностицирање. На сл. 42 и 43 прикажани се два типа на руден микроскоп.

*Опис на рудниот микроскоп.* Микроскопот се состои од статив, тубус и столче. Овие механички делови овозможуваат воспоставување на врска помеѓу објектот - минералот и оптичките делови на микроскопот (објектив, окулар, обратен илуминатор, уред за осветлување, поларизатор и анализатор).

Столчето на микроскопот е тркалезна метална плоча (по ободот изделена на степени), сместена на постолје, која може во место да се врти со рака. Преку постолјето столчето е врзано за статив и со помош на навртка може да се придвижува нагоре и надолу.

Тубусот е метална цевка за чиј долен крај е прицврстен објективот, а на горниот крај се наоѓа окуларот. Некаде на средината на тубусот се наоѓа обратен илуминатор а над него анализатор.

Кај некои микроскопи, уредот за осветлување на предметите е поставен на помошно столче, додека кај други е сместен во цевката и е врзан за тубусот на микроскопот. Обично тоа е ламба од 6V и 5A. Обичната светлина поларизаторот ја претвара во линеарно поларизирана, а илуминаторот ја усмерува да падне вертикално низ тубусот на микроскопот. Ова усмерување може да биде изведено со помош на стаклена плочка поставена под агол од 45° во однос на поларизираниот сноп или со помош на стаклена призма. Во првиот случај во испитувањето учествува околу 25% од поларизираната светлина, додека во вториот околу 50% бидејќи призмата покрива околу половина од видното поле на микроскопот.

На слика 46 даден е шематски приказ на движењето на светлосниот сноп во микроскопот. Линеарно поларизираниот зрак, после одбивањето од призмата, поминува низ објективот и паѓа на површината на минералот. По одбивањето од минералот поминува низ објективот, окуларот и доаѓа до окото на посматрачот.

Секој руден микроскоп има серија од окулари и објективи со различен степен на зголемување. Рудниот микроскоп MIN - 9 со комбинација на соодветни окулари и објективи, дава зголемување од 33 до 1425 пати, за должина на тубусот од 190 mm.

Зголемување на окуларот, објективот и вкупно на микроскопот MIN - 9

Зголемување на окуларот, [пати]	Вкупно зголемување на микроскопот со објективот, [пати]						
	4.7s	9s	11u	21s	30u	40s	90u
7	32.9	63	77	147	210	280	665
10	47.0	90	110	210	300	400	950
15	70.5	135	165	315	450	600	1425

s - сув објектив

u - имерзионен објектив

Во рудната микроскопија за испитување се користат "суви објективи" за испитување на минералите во воздух (има индекс на

прекршување еднаков на единица) и "имерзиони објективи" за испитување на минералите во уље. Имерзијата е воглавно кедрово уље (индекс на прекршување 1.516) кое овозможува поголемо зголемување на објективот.

Окуларите, покрај тоа што имаат различно зголемување, можат да бидат со или без кончаница (две тенки нитки поставени под агол од  $90^{\circ}$ ), со уградена скала или квадратна мрежа на една стаклена плочка која се наоѓа во окуларот. Првите два типа на окулари се користат за дијагностицирање на минералите. Окуларот со скала се користи за одредување на големината на зрната, големината на пукнатините, прснатините и др. Додека окуларот со квадратна мрежа се користи за одредување на волуметриската застапеност на минералите во препаратот.

Големината на поделците во скалата на окуларот зависи од вкупното зголемување на микроскопот. За секое зголемување на микроскопот, т.е. комбинација окулар - објектив, големината на поделците во скалата на окуларот се одредува со помош на објект - микрометар. Објект - микрометарот најчесто е метална плочка со едно огледало и во него врежана скала чиј поделок е 0.01 mm. Објект - микрометарот се поставува на столчето од микроскопот а во тубусот окуларот со скалата. Потоа објект - микрометарот се помрднува така да двете скали, на окуларот и на објект - микрометарот, се доведат во паралелна положба, и да одреден број поделци од скалата на окуларот, се поклопат со одреден број на поделци од скалата на објект - микрометарот. Големината на поделците од окуларната скала се пресметнува по формулата:

$$P_0 = \frac{n \cdot P_m}{N}$$

при што е:

n - број на поделци на објект - микрометарот

$P_m$  - големина на поделците на објект - микрометарот

N - број на поделци во скалата на окуларот

Кога се востанови големината на поделците во скалата на окуларот, се отстранува објект - микрометарот и со даденото зголемување на микроскопот се одредува големината на зрната во препаратот. Препаратот се поставува на столчето од микроскопот и се избира зрното чија големина не интересира. Потоа препаратот внимателно се помрднува така да скалата го покрие зрното. Се отчитува бројот на поделци кои го покриваат зрното ( $l_1$ ) и потоа се свртува скалата во положба нормална на претходната и се отчитува бројот на поделци ( $l_2$ ). Средниот дијаметар на зрното ( $d_{sr}$ ) се пресметнува по формулата:

$$d_{sr} = \frac{(l_1 + l_2) \cdot P_0}{2}$$

За пресметнување на волуметриската застапеност на минералите во препаратот може да се користи окулар со квадратна мрежа. Прво се

определува колку квадрати или јазли има во окуларот, односно во мрежата. Потоа се одбираат местата во препаратот, кои ќе бидат анализирани. Во едно видно поле, волуметриската застапеност на минералот ќе се одреди на следниот начин: ако е "N" вкупниот број на квадрати или јазли во квадратната мрежа а "n" број на квадрати или јазли кои покриваат само еден од минералите во видното поле, тогаш од односот се пресметнува неговата волуметриска застапеност според формулата:

$$V = \frac{n}{N} \cdot 100, \text{ во } \%$$

*Изработка на препарати.* Како што беше веќе речено, рудните минерали се испитуваат во поларизационен руден микроскоп, преку поединечни добро обработени пресеци.

Од рудата (пред дробењето или парчиња земени од наоѓалиштето) се издвојуваат примероци карактеристични за даденото орудување. Од секој избран примерок се отсекува помало парче, приближно со облик на коцка и едната страна се бриси и се гланца се додека не се добие идеално рамна и сјајна површина, слична на огледало. Вака обработеното парче се нарекува руден препарат.

Брусењето и гланцањето на препаратот се одвива на специјална машина (сл. 48), која има плоча од челик или стакло. Плочата преку вртежна осовина е поврзана со електромотор со јачина од околу 1.8 KS и со два или повеќе преноси за подесување на брзината на вртење. Секоја машина има поголем број на плочи од кои некои се обложени со фина ткаенина (ленено платно, чоја за билијар, свила). Машината има резервоар за вода. Истекувањето на водата се регулира и капењето на водата се усмерува да паѓа на средниот дел од плочата. Кога плочата се наводени, на неа се става абразив и препаратот се полира со рака. Кај некои машини полирањето на препаратот е механизирано. По завршеното полирање, препаратот се измие со вода и се суши во струја од топол воздух.

За испитување под микроскоп, полираната површина на препаратот, треба да биде доведена во паралелна положба со столчето од микроскопот, односно површината на препаратот да биде нормална на оптичката оска на микроскопот. Ова се постигнува на тој начин што препаратот се поставува на стаклена или метална плочка (полираната површина да биде слободна), а помеѓу се става топче од пластелин или восок. Со помош на рачна преса се доведува полираната површина во хоризонтална положба.

Препаратот се обработува постепено и изработката трае по неколку часа. Времетраењето зависи од физичките особини на минералот и компактоста на рудата. Препаратот прво се бриси, за да се добие рамна површина. За брусењето се користи воглавно карборундум, со различна крупност. По завршеното брусење, препаратот се полира со абразиви кои

се комбинираат спрема тврдината на минералите во препаратот. Претежно се користи прав добиен со жарење на глина (за потврди минерали на температура од 1300<sup>0</sup>С, а за помеки на температура од 1000<sup>0</sup>С), хром оксид со калиум (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) или амониум [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>], магнезиум оксид и разни пасти со дијамантски прав.

Изработка на брикетни препарати. Минералите од наноси, од руди кои се подложени на уситнување (дробење и мелење) и недоволно крупни парчиња кои од технички причини не можат да се брусат и гланцат, се врзуваат (со шалак, бакелит, цемент за изработка на забни протези или со трансоптички прав) во вид на брикет, со помош на хидраулична преса. Брикетот е со дебелина од околу 1.5 и дијаметар до 2.5 sm. Едната страна на брикетот се бруси и гланца, идентично на препарат кој се прави од поголемо парче руда.

За испитување на руда (после мелење или производи на концентрација) со руден поларизационен микроскоп, треба да се издвои средна проба со тежина од околу еден килограм. За да се издвои класа со крупност испод и околу 10 микроми, пробата се класира со мокро просејување со помош на серија од сита и седиментометриски. Од секоја класа на крупност се издвојува средна проба, со тежина од неколку грама за изработка на брикети. Исклучок претставува класата со крупност испод 10 микроми, која не се испитува под микроскоп бидејќи зрната се премногу ситни.

Пробата се става на лист хартија и се додава 10 см синтетички прав. сето тоа добро се измешува и се става во калап а потоа под преса за изработка на брикети.

Пробата се става во цилиндерот и заедно со грејачот се поставува на долната плоча на хидрауличната преса. Се вклучува грејачот и со помош на хидрауличниот уред материјалот се набива се додека не се постигне притисок од околу 200 atm. Потоа се уфрла термометарот низ отворот на горната плоча на пресата и кога температурата достигне околу 150 °С, грејачот се исклучува. Преку вентилот се испушта притисокот, со рака долната плоча се спушта надолу и брикетот се остава да се лади. Грејачот се отстранува, цилиндарот заедно со брикетот се придвижува на долната плоча, за да се постави точно над отворот за истиснување на брикетите. Со хидрауличниот уред се истиснува брикетот од цилиндарот.

Едната од површините на брикетот се бруси и гланца, до добивање на идеално рамна и исполирана површина. Препаратот се става на стаклена плочка, помеѓу се става пластелин и со рачна преса изгланцаната површина се доведува во хоризонтална положба.

*Дијагностички карактеристички на рудните минерали во преарарииите.* Карактеристиките кои ги покажуваат минералите во рудните препарати можат да се сврстаат во две групи и тоа: *физички особини* - облик, цепливост, близнење, зоналност, тврдина и отпор на гланцање, и *оптички својства* - боја, рефлексивност, изотропија, анизотропија и внатрешни рефлексии.



### *Облик на минерало̄и*

Мал е бројот на рудни минерали кои имаат потполно развиена кристална форма. Тоа се претежно тврди минерали, како што се пирит, хематит, арсенопирит, волфрамит, магнетит и минералите од групата на спинели.

Кристалната форма се гледа во препаратите преку еден пресек, кој може но и не мора да биде доволен за да укаже на тоа дали минералот има права кристална форма. Во препаратите тесералните форми се гледаат како квадратни, правоаголни и триаголни површини. Хексагоналните како правоаголни, ромбичните како ромбоедарски и т.н.

Во рудната микроскопија често се даваат и описни посатоци за начинот на јавување на минералот, како влакнести, табличести, игличести, неправилни и т.н. Овој описен податок може да помогне при одредувањето на минералната врста.

### *Зоналност̄и*

Минералите можат да имаат зонална градба, која во препаратите се манифестира во вида на концентрични слоеви со различна дебелина.

Појавата на зоналност кај минералите укажува на можните измени во брзината на растење на минералот, промената на концентрацијата на растворот, вклопување на извесни минерали во текот на растењето на кристалот и слично.

Зоналната градба на минералите е видлива во паралелни николи, ако постои разлика помеѓу слоевите по однос на нивната боја, физичката нееднородност, распоредод на уклопците од некој туѓ минерал и т.н. Меѓутоа, кај некои минерали зоналната градба се открива со вкрстени николи или понекогаш дури после нагризувањето на минералот со некој хемиски реагенс. Зоналноста може да се појави кај сфалеритот, пиритот, антимонитот, арсенопиритот и кај други минерали.

### *Цепливост̄и*

Цепливоста кај рудните минерали кои ја имаат оваа особина, видлива е во препаратот преку систем на паралелни пукнатини во еден или повеќе правци, во зависност од изразената цепливост на минералот и неговата кристалографска ориентација.

Минералите кои имаат изразена цепливост во повеќе правци, како галенитот, сфалеритот, пентландитот, магнетитот и други, во препаратот имаат триаголни вдлабнувања, паралелни на една или повеќе површини.

Цепливоста може и не мора да биде видлива во препаратот иако минералот ја поседува. Тоа зависи од големината на минералното зрно и средината во која минералот се наоѓа. Кај покрупните зрна цепливоста е поизразена, додека кај поситните зрна таа во поголемиот број на случаи изостанува. Посебно ако дадениот минерал се наоѓа во минерал кој е поотпорен на устнување и нема цепливост.

Со измените на минералот, посебно преку оксидација, цепливоста доаѓа до израз, бидејќи дадените измени првенствено се одвиваат по површините на цепливоста.

### *Близнење*

Познато е дека близнењето кај минералите може да биде пројавено како растење - просто и сложено, по еден или повеќе закони. Во препаратите близнењето се пројавува преку систем на паралелни ламели, кои се гледаат со вкрстени николи. За извесни минерали оваа особина е карактеристична, а во случаи кога оптичките особини на минералите се слични, близнењето може да биде одлучувачко за разврстување на минералите. Така близнењето го издвојува хаусманитот од браунитот, халкопиритот од златото, рамелсбергит од парарамелсбергит и т.н.

Покрај опишаното близнење постои и механичко, кое настанува со деформација на минералот. Ламелите се со различна дебелина и првенствено клиноидни, помалку или повеќе завиени. Оваа врста на близнење е карактеристична за меките минерали, како што се ковелинот, молибденитот, пирхотинот и др.

### *Тврдина*

При дијагностицирањето на минералот се утврдува неговата релативна тврдина - со меѓусебно споредување на минералите, воглавно врз основа на присутните гребнатини и нивната изразеност, врз основа на рељефот и со посматрањето на границите помеѓу минералите.

И покрај највнимателната обработка на препаратите, ако се присутни минерали со различна тврдина, помеките ќе бидат повеќе огребани, средно тврдите ретко се гребат и добро се полираат, а тврдите минерали се без гребнатини и лошо исполирани. Следејќи една или повеќе гребнатини кои одат преку минералите, истите се подлабоки и пошироки кај меките, потесни и поплитки кај средно тврдите и изостануваат кај тврдите минерали.

Со брусење на препаратите со абразиви, од меките минерали лесно се симнуваат слоеви, од средно тврдите потешко а од тврдите минерали незнатно. Оттаму препаратите во кои се наоѓаат минерали со различна тврдина имаат изразен рељеф, односно микрорељеф.

На границата помеѓу два минерала, со различна тврдина, се јавува светла линија, која е резултат на косата рефлексација на контактот на минералите, како последица од нивниот рељеф. Со подигнување на микроскопскиот тубус, светлата линија се поместува од потврдиот кон помекиот минерал.

Тврдината на минералот во препаратот може да се одреди со мерење и оваа константа се нарекува микротврдина на минералот. Постојат многу уреди кои можат да се користат за оваа намена, и овие константи за повеќето минерали се веќе одредени. Микротврдината на минералот се одредува со загребување на минералот со игла или со втиснување на дијамантска пирамида под оптеретување во минералот.

### *Рефлексија и бирефлексија*

Рефлексијата или сјајноста на минералот е една од основните карактеристиките, која се уочува при првата средба со минералите во препаратот. Некои минерали се многу сјајни, други помалку а минералите на јаловината скоро се темни. Бидејќи на препаратот паѓа светлина со ист интензитет, сигурно е дека минералите различно ќе ја рефлектираат светлината. Таа рефлексија на минералите може да се искаже со односот помеѓу интензитетот на рефлектираната светлина и интензитетот на светлината која паѓа на минералот. Одовде рефлексијата е еднаква на:

$$R = \frac{I_r}{I_i}$$

при што  $I_r$  е интензитет на рефлектираната светлина од минералот а  $I_i$  интензитет на светлината која паѓа на минералот.

$$R = \frac{(N-1)^2}{(N+1)^2}$$

Кај оптички непровидните или рудни минерали, рефлексијата е функција на индексот на прекршување и коефициентот на апсорпција на светлината ( $k$ ), и е дадена со изразот:

$$R = \frac{(N-1)^2 + N^2 \cdot k^2}{(N+1)^2 + N^2 \cdot k^2}$$

Познато е дека минералите се делат на оптички изотропни (тесерални и аморфни) и оптички анизотропни (тетрагонални, хексагонални, ромбични, моноклинични и триклинични).

Кај изотропните минерали светлината се прекршува еднаш т.е. имаме просто прекршување на светлината. Брзината на простирање на светлината во изотропните минерали е еднаква во сите правци и минералите имаат една вредност за рефлексијата.

Кај анизотропните минерали светлината се прекршува и истовремено се разложува на компоненти - на обичен зрак кој има иста брзина на простирање во сите правци и на необичен зрак кој ја менува брзината со промената на правецот. Под микроскоп ова се открива со посматрање на минералот во паралелни николи при полно свртување на столчето (до  $360^\circ$ ) кога доаѓа до промена во рефлексијата на секои  $90^\circ$ , односно, минералот бива минимално и максимално осветлен. Оваа разлика во рефлексијата се нарекува бирефлексија.

Кај провидните минерали бирефлексијата е функција на двојното прекршување, додека кај апсорбирачките минерали (рудни) бирефлексијата е функција на двојното прекршување и биапсорпцијата на минералот. Во пракса бирефлексијата ( $R$ ) се изразува преку разликата помеѓу рефлексијата за необичен зрак ( $R_n$ ) и рефлексијата за обичен зрак ( $R_0$ ).

$$\Delta R = R_n - R_0$$

Доколку разликата помеѓу рефлексииите е поголема, промените во минералот се поизразени и обратно. Во табела 25 се дадени реалните вредности за рефлексиијата на обата зрака, потоа дадена е разликата во рефлексииите - апсолутна и релативна и визуелната моќ на запазување на бирефлексиијата. Податоците покажуваат дека бирефлексиијата е поизразена во препаратот ако е релативната вредност поголема и обратно.

Рефлексиија и бирефлексиија на некои минерали и визуелната моќ на запазување

Минерал	R %		$\Delta R$		Визуелна моќ на запазување на бирефлексиијата
	$R_n$	$R_0$	апсолутна вредност	релативна вредност	
Графит	23.5	5.0	18.5	79.0	Исклучително јака
Молибденит	44.0	15.0	29.0	66.0	Многу јака
Смитсонит	9.8	5.6	4.2	42.9	Многу јака
Калцит	6.0	4.0	2.0	33.0	Јака
Антимонит	43.0	30.0	13.0	30.2	Јака
Рутил	23.7	20.0	3.7	15.6	Видлива само во агрегати
Арсенопирит	57.0	55.0	2.0	3.5	Крајно слаба
Барит	6.0	5.8	0.2	3.0	Нејасна
Кварц	4.6	4.5	0.1	2.1	Нејасна

Кај анизотропните минерали, големината на рефлексиијата зависи и од кристалографската ориентација на минералот во препаратот. Пресеците нормални на оската С, кај хексагоналните и тетрагоналните минерали, ќе се покажат совршено изотропни, додека пресеците паралелни со кристалографската оска С, ќе се покажат изразито анизотропни. Во сите други пресеци, со порастот на аголот помеѓу пресекот и оската С, во пределот до  $90^\circ$ , рефлексиијата ќе се смалува.

Кај ромбичните, моноклиничните и триклиничните минерали има повеќе пресеци кои имаат ист интензитет на осветленост. Поради тоа, за утврдување на рефлексиијата кај анизотропните минерали, треба да се испитуваат повеќе зрна.

Рефлексиијата кај рудните минерали може да се измери, поради што, ова е една од оптичките константи кај минералите. Постојат доста уреди и методи за мерење на рефлексиијата кај минералите. Овде ќе биде опишана камерата на Иностранцев. Во окуларот едновременно се посматраат минерал чија рефлексиија се одредува и еталон - платина која има постојана рефлексиија која изнесува 70%. Со постепено вртење на анализаторот од 0 до  $90^\circ$  ќе се менува рефлексиијата на еталонот и во моментот на изедначување на рефлексиијата на еталонот со минералот ќе ја сними границата која ги раздвојува во окуларот. Рефлексиијата на минералот се пресметува според формулата:

$$R_m = R_e \cdot \sin^2 \alpha$$

при што е:

$R_m$  - рефлексija на минералот

$R_e$  - рефлексija на еталонот

$\alpha$  - агол на завртување на николите

Според големината на рефлексijата, рудните минерали можат да се поделат во четири групи и тоа:

I група	многу висок сјај (самородни минерали)	преку 60%
II група	висок сјај (сулфиди, арсениди и антимониди)	60 - 45 %
III група	среден сјај (сулфосоли)	45 - 30 %
IV група	мал сјај (сите оксиди на металите)	испод 30%

При секојдневното микроскопирање рефлексijата на минералите не се одредува, туку описно се дава интензитетот на рефлексijата или дадениот минерал се споредува со некој познат минерал чија рефлексija е приближна (обично тоа е галенит, сфалерит, пирит, арсенопирит и др.).

### *Боја*

Бојата на минералите е една од поважните карактеристики која многу тешко се одредува. Тоа произлегува оттаму што поголемиот број на рудни минерали во препаратите имаат бела или сива боја со примеси, а еден помал број има главно пастелни бои. Само подолга пракса и стрпение и добро направен препарат, можат да допринесат за успешно одредување на бојата на минералите. При одредувањето на бојата на минералите, можат да се користат извесни минерали за еталони како: бела - галенит, светло сива - тенантит, сива - сфалерит, крем - пирхотин, жолта - халкопирит, плава - ковелин.

### *Анизотропија*

Изотропните минерали со вкрстување на николите непотполно или сосема потемнат, и со вртењето на столчето на микроскопот остануваат непроменети.

Анизотропните минерали, со вкрстувањето на николите, делумно потемнуваат и со вртење на столчето го менуваат интензитетот на потемнувањето или бојата или и едното и другото истовремено. Во текот на полното свртување на столчето, на секои  $90^{\circ}$  ќе се појави максимално потемнување. Тоа ќе се смалува со максимално осветлување при положба под агол од  $45^{\circ}$ .

Анизотропијата е функција и од кристалографската ориентација на минералот во препаратот, односно, сите пресеци на анизотропниот минерал не морат да бидат анизотропни. Кај тетрагоналните и хексагоналните минерали, пресеците нормални на кристалографската оска С ќе се покажат изотропни, а оние паралелни со оската С максимално

анизотропни. Во сите останати пресеци, со пораст на аголот помеѓу пресекот и оската С во дијапазон до  $90^0$ , јачината на анизотропијата се смалува. Кај минералите од останатите системи, постои поголем број на пресеци кои се изотропни. Поради тоа, за да се испита анизотропијата на минералот треба да се испитаат поголем број на зрна.

Боите на анизотропијата се релативно темни со фини нијанси и треба внимателно да се анализираат. Боите на анизотропијата се карактеристични за извесни минерални врсти и можат да допринесат при раздвојувањето на два слични минерали, како: сиво плавата и пепеласто оранж го раздвојува минералот рамелсбергит од парарамелсбергитот, плавичасто модрата и златестата боја го раздвојуваат сфалеритот од арсенопиритот и т.н.

### *Внатрешни рефлексии*

Ова е особина која ја имаат релативно мал број на минерали, главно прозирни и полупрозирни. Светлината која паѓа на таков минерал се одбива од полираната површина и делумно влегува во минералот. Ако при тоа најде на уклопци од непрозирни минерали, прслини, рамни цепливости, близнења и т.н. ќе се рефлектира под некој агол (главно тоа се коси рефлексии). По излегувањето од минералот, овие рефлексии ќе се спојуваат со рефлексииите кои доаѓаат од површината на минералот и при тоа, ќе даваат некои карактеристични обојувања, кои се нарекуваат внатрешни рефлексии.

Внатрешните рефлексии можат да се видат и во паралелни николи, меѓутоа далеку се поинтензивни рефлексииите кај вкрстените николи.

Кај анизотропните минерали внатрешните рефлексии не можат да се раздвојат од рефлексииите кои доаѓаат од површината на минералот. Кај изотропните минерали со свртување на анализаторот до  $90^0$ , се гасат рефлексииите кои доаѓаат од површината а остануваат само рефлексииите кои доаѓаат од внатрешноста на минералот. Така боите кои ги даваат внатрешните рефлексии, понекогаш можат да се издвојат и анализираат.

Боите на внатрешните рефлексии се многу живи и карактеристични за пооделни минерали, на пример: малахитот има темно зелена, азуритот плава, аурупигментот лимон жолта, сфалеритот бела, жолта до темно црвена во зависност од содржината на железо и други изоморфни примеси и т.н.

Минералите кои имаат рефлексиија поголема од галенитот и јасна боја не даваат внатрешни рефлексии. Такви се борнит, никелин, пирхотин, халкопирит и т.н.

Во прилогот се дадени минералите со карактеристиките кои ги покажуваат под руден микроскоп, за испитувања во воздух. опфатени се рудните минерали кои со методи на концентрација се издвојуваат во соодветни концентрати и оние минерали кои можат да влијаат на квалитетот на издвоените производи.

### *Рендгеноскопски испитувања*

Секоја кристална материја се карактеризира со закономерен распоред на елементарните честички - единични келии во просторот, кој се нарекува решетка на минералот. Ако секоја точка во просторната решетка е дефинирана со атом или група на атоми, тогаш таквиот распоред ја објаснува кристалната структура на минералите.

Со пронаоѓањето на рендгенските зраци е овозможено проучувањето на кристалните материи. Темелите на овие испитувања ги поставиле W. H. Bragg и неговиот син W. L. Bragg (1912, 1913). Тие докажале дека до расејување на X - зраците, упатени на кристална материја, доаѓа поради рефлексивата од мрежни рамнини од атоми во кристалот. Сите зраци имаат ист агол на одбивање, кој е еднаков на аголот под кој паѓаат зраците  $\theta$ . Одбиените таласи од една кристална рамнина се во фаза, а со таласите, одбиени од другите кристални рамнини, ќе бидат во фаза, ако разликата на патиштата помеѓу паралелните рамнини е еднаква на  $n \cdot \lambda$ , т.е. 1, 2, 3, . . . таласни должини. Конечно Bragg-овата равенка гласи:

$$n \cdot \lambda = 2 \cdot d \cdot \sin \theta$$

Равенката покажува дека дифракционите спектри од мрежните рамнини меѓусебно се паралелни и дека редовите ги одредува различната вредност за "n", која е еднаква на цели броеви (1, 2, 3, . . .). Всушност, Bragg-овата равенка овозможува да се пресмета растојанието помеѓу мрежните рамнини, кое изнесува:

$$d = \frac{n \cdot \lambda}{2 \cdot \sin \theta}$$

Вредноста на  $\lambda$  е позната и ја претставува таласната должина на X - зракот. Максималната вредност за  $\sin \theta$  може да биде еднаква на единица, што значи дека крајната можност за добивање на дифракциони спектри од мрежните рамнини може да биде за  $d = \lambda / 2$  (најмало можно растојание помеѓу мрежните рамнини).

Во основа постојат две методи за рендгенски испитувања на минералите и тоа: метода на кристален прав и метода на ротирачки кристал.

*Методата на кристален прав*, која и денес се применува за испитување на минералите, ја поставиле и разработиле P. Debye и P. Scherrer (1916) и A. Hull (1917). Минералот за овој вид на испитувања, фино се уситнува и се става во една стаклена капилара. Капиларата се става во рендген апарат и за целото време додека траат испитувањата таа ротира. Рендгенските зраци паѓаат на минералот и од мрежните рамнини се рефлектираат. Сигурно е дека во мноштвото кристали, кои се различно ориентирани, ќе се наоѓаат и такви кои ќе даваат рефлексива со агол на одбивање  $\theta$ , кој е едновременно еднаков на аголот под кој паѓа X - зракот, односно, да се испуни условот кој е поставен од Bragg - овата равенка.

Рефлексијата од мрежните рамнини се регистрира на еден филм, кој е цилиндрично поставен околу пробата. Од филмот се отчитуваат вредностите кои се внесуваат, покрај останатите, во Bragg - овата равенка и се пресметнува големината на растојанието помеѓу мрежните рамнини и интензитетот на рефлексија од различните рамнини во кристалот. Со споредување на овие податоци со рендгенометриските константи, кои се наоѓаат во прирачници, се дијагностицира видот на минералот.

*Методата на ротирачки кристал* е рендгеноструктурна анализа со која се одредува системот, големината на елементарната ќелија, симетријата на минералот и хемиската формула на минералот. Овие испитувања се посложени и се изведуваат на монокристал, поретко на парче од минерал.

#### *Спектрална анализа*

Спектралната анализа е една од методите која овозможува брзо одредување на квалитативниот и квантитативниот состав на минералите односно минералните сировини. Оваа метода треба да се користи за одредување на елементи чија концентрација е испод еден процент, преку оваа содржина податоците не се точни.

Спектрометрите денес се воведуваат во погоните за анализа на производите на концентрација и пратење на технолошкиот процес. Овие спектрометри се адаптирани за овој вид на испитувања и даваат инзвонредни резултати.

*Со оптичко - спектрална анализа* може да се анализираат 50 - 60 елементи. Разработени се методи за квантитативно одредување на обоените метали (Cu, Al, Pb, Zn, Sn, Ti, Mo и др.), на ретките метали (Nb, Ta, Zr, Li, Be и др.) и расеаните елементи (Rb, Cs, Ge, Ga, In, Cd, Tl, sc и др.).

Осетливоста на методата е голема и различна за различни хемиски елементи, чии концентрации се од 0.1 до 0.001% во зависност од спектарот на елементот и распоредот во спектарот на најосетливите линии.

*Рендгено - спектралната анализа* практично ги анализира сите елементи од Менделеевиот периодичен систем, освен првите петнаесет. Оваа метода особено се применува при анализата на елементите на ретките земји и при анализа на слични елементи, како Nb - Ta, Zr - Hf и сл. Итриевата подгрупа во принцип се одредува со оваа метода.

Осетливоста на методата не е голема и се применува за одредување на елементи чии концентрации се од 0.1 до 0.05%. Поради тоа, во случаите кога се концентрациите на елементите многу мали, пробата по физички или хемиски пат се обогатува за да се зголеми осетливоста на методата.

#### *Електронска микроскопија и електронска дифракција*

Овие методи на испитување се применуваат главно при научно - истражувачка работа. Моноста на зголемување кај електронските микроскопи е голема и тоа е најголемата предност над обичниот



микроскоп. Денес се постигнуваат зголемувања до 200 000 и повеќе пати, што овозможува да се видат детали со дијаметар до  $4.5 \text{ \AA}$ .

Со електронскиот микроскоп се изучуваат морфолошките карактеристики на минералите, нивните микроструктури и микродефекти, како и дифракционите феномени на финокрисалестите материи.

#### *Луминисцентна анализа*

Луминисцентната анализа се користи за дијагностицирање и изучување на минерали, кои во одредени услови покажуваат карактеристични светлосни ефекти, својствени на минералниот вид.

Луминисценција кај минералите можат да предизвикаат ултраљубичастите зраци, катодните и рендгенските зраци или едноставно загревање на минералот.

Ултраљубичастата луминисцентна анализа се користи за дијагностицирање на минералите на уранот, фосфатите, карбонатите и сулфатите, Ca, Mg, Al, Sr, Be, Ba, и др.

Катодната луминисцентна анализа се изведува во вакуум, со дејствување со катодни зраци или со слободни електрони на минералот. Со оваа метода се дијагностицираат главно истите минерали како и со ултраљубичастата луминисцентна анализа, покажувајќи подруги светлосни ефекти.

Со термолуминисцентна анализа, се дијагностицираат минерали кои при загревање даваат карактеристични светлосни ефекти. На пример флуоритот, со загревање добива сјајна голубесто сива боја, со понатамошно загревање луминисценцијата полека се гаси. После ладењето и повторното загревање луминисценцијата повторно се појавува.

Луминисцентната анализа можат да ја изведуваат лаборатории кои имаат и соодветни уреди за овој вид на испитувања.

#### *Термичка анализа*

Термичката анализа, во принцип, се користи за испитување на минерали кои содржат вода (хигроскопна, кристална, конституциона), јаглен диоксид или за испитување на преведувањето на минералите од една во друга модификација.

При загревањето на материјата се регистрира температурата. Резултатите на експериментот се запишуваат во вид на криви, кои ја изразуваат зависноста на температурата на материјата во функција на должината на загревањето. Ако во испитуваната материја, при загревањето, дојде до било какви фазни преобразби или хемиски реакции, тогаш режимот на загревање се нарушува. Ова нарушување ги покажуваат пиковите на кривите, кои го означуваат падот на температурата - енотермни реакции (дехидратација, дисоцијација и т.н.) или порастот на температурата - егзотермни реакции (образување на нови кристални фази). На пример: серпентинот со загревање до  $750^{\circ}$  дехидрира и се распаѓа на  $\text{SiO}_2$  и  $\text{MgO}$ ; на  $810^{\circ}$  од овие оксиди се образува форстерит, што

е пропратено со интензивни егзотермни ефекти. Хидрохематит -  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  покажува ендотермни ефекти на температура од 125 - 150<sup>0</sup>, церузит -  $\text{PbCO}_3$  исто така покажува ендотермни ефекти на температура од 390 и 490<sup>0</sup>, каолинит -  $\text{Al}_2 (\text{SiO}_4\text{O}_{10}) (\text{OH})_8$  покажува ендотермни ефекти на 560<sup>0</sup> и егзотермни на 950<sup>0</sup>С.

### ***Минералошко испитување во минералната технологија***

Денес на сите стручњаци, од областа на минералната технологија, им е јасно дека нема добра технологија, без детално испитување на суровината во сите фази на нејзината припремата (од влезната суровина, преку производите на мелење до издвојувањето на дефинитивните концентрати). Применетата технологија може да биде успешна, само ако истата е усогласена со минералологијата и структурата на рудата, над која се применува.

Првиот чекор во изучувањето на една минерална суровина или производ на концентрација е одредување на присутните минерали. Оваа минералошка анализа може да биде квантитативна или квалитативна.

Со квалитативна - минералошка анализа се идентификуваат минералните видови во испитуваната проба. Во зависност од природата на суровината, се применува една или неколку методи за нивно дијагностицирање. Не е сеедно дали еден елемент во рудата се јавува во еден или повеќе минерали. На пример: ако оловото во оловната сулфидна руда е содржано во галенитот, тогаш целото олово многу успешно флотациски може да се издвои, во високо квалитетен галенитен концентрат. Меѓутоа, ако оловото се појавува во галенитот и сулфоантимонитот, тогаш во концентратот на оловото ќе имаме и антимон, или еден дел од оловото содржан во сулфоантимонитот ќе се губи во јаловината.

Со квалитативно - минералошката анализа се утврдуваат и асоцијациите на минералите во суровината, кои можат да влијаат на ефикасноста на издвојување на корисниот минерал или да влијаат на економичноста на процесот. На пример: златото од сиромашните сулфидни руди успешно се издвојува со цијанизација, ако во рудата покрај златото има и халкопирит, поголема е потрошувачката на цијанид, а доколку рудата е богата со халкопирит, цијанизацијата може да биде неекономична.

Со квантитативно - минералошка анализа се одредува процентуалната содржина на секој минерален вид во пробата. Оваа анализа во принцип е сложена, и нејзиното изведување многу зависи од природата на суровината. Податоците од анализата мораат да бидат репрезентативни за испитуваниот производ.

Квантитативно минералошката анализа во минералната технологија се нарекува рационална анализа, а начинот на нејзиното изведување е опишан во едно од претходните поглавја (види хемиско - минералошки состав на минералната суровина). Единствено преостанува

да се објасни начинот на изведувањето на квантитативно - минералошката анализа со помош на микроскоп и интегратор.

При описот на микроскопот беше речено дека секој микроскоп има поголем број на окулари. Некои од нив имаат стаклена плочка со фино врежана квадратна мрежа која се користи за одредување на волуметриската содржина на минералот во препаратот, односно во испитуваниот примерок од руда. Оваа метода има мала точност од повеќе причини:

1. се анализираат само неколку места во препаратот;
2. бројот на точки или квадрати кои ги прекриваат минералите визуелно се пребројува, и
3. минералот или дел од минералот кој е содржан во инклузии, од технички разбирливи причини, не или е делимично опфатен со анализата.

Оваа метода може да се користи само за добивање на ориентациони податоци.

*Интеграционен стил* - се користи за одредување на волуменскиот удел на минералите во препаратот, односно во рудната проба.

Интеграторот има една тркалезна плоча со која налегнува на столчето од микроскопот. На средината од плочата предвидено е место за поставување на препаратот. Од левата и десната страна на плочата се наоѓа по една завртка, за придвижување на препаратот во хоризонталната рамнина, во правец на координатните оски.

апаратот има една правоаголна кутија во која се сместени призми. Секоја призма е сместена за една осовина која има скала со должина од 25 mm и завртка. Било која завртка да се користи, препаратот се придвижува, со помош на системот од призми, во еден правец по права линија.

Во тубусот на микроскопот се става окулар со кончаница. Со свртување на завртките на осовините, интеграторот се доведува во 0 - положба. Потоа се поставува препаратот и, со помош на завртките на плочата, се доведува во положба да една точка во окуларот (пресекот на кончаниците) бидејќи има шест осовини, секоја од нив се резервира за еден минерал. Доколку во препаратот има повеќе од шест минерали, на шестата осовина се мерат сите останати минерали. Овие податоци се внесуваат во бележница.

Точката во окуларот се наоѓа на ивицата од препаратот и со посматрање во микроскопот во видното поле се гледаат минералите. Со завртување на соодветната завртка, во согласност со минералот во видното поле, се придвижува препаратот по една права линија за должина на дадениот минерал. Кога се дојде до друг минерал, се користи друга навртка и така со ред, се додека не се помине целиот препарат, односно додека не се дојде на другата ивица од препаратот, паралелна на претходната. Потоа препаратот се придвижува на лево за растојание  $d$ , кое се отчитува на скалата над десната завртка на плочата од интеграторот. Со помош на левата завртка на плочата, препаратот се враќа во

првобитната положба и понатаму со завртките се придвижува по права линија, во согласност со минералите кои се наоѓаат во полето.

Механизмот на интеграторот, овозможува придвижување на препаратот по права линија, и регулирање на растојанието  $d$  помеѓу линиите, кое е секогаш исто за целата испитувана рудна проба. Така, на извесен начин, препаратот се прекрива со густии линии, чии должини се регистрираат на осовините, во согласност со минералите содржани во препаратот.

Ако се  $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$  вкупни должини на отсечоците за секој минерал, а  $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \dots, \delta_n$  нивните специфични тежини, тогаш тежинскиот удел на еден минерал (%) се пресметнува по формулата:

$$T = \frac{l_1 \cdot \delta_1}{l_1 \cdot \delta_1 + l_2 \cdot \delta_2 + l_3 \cdot \delta_3 + \dots + l_n \cdot \delta_n} = \frac{l_1 \cdot \delta_1}{\sum_{i=1}^n l_i \cdot \delta_{i\text{нда}}}$$

Со интегрирање на поовршината на препаратот, се одредува волуменската застапеност на минералот, а со уврстување и на специфичната тежина се добива неговиот тежинскиот удел.

*Бројачоѝ на ѝочки* - работи на истиот принцип како и линискиот, со таа разлика што препаратот се придвижува во скокови, па се остварува прекривање на препаратот со точки (скокови). Тежинскиот удел на минералот во препаратот се пресметнува по формулата:

$$T = \frac{l_n \cdot \delta_n}{n_1 \cdot \delta_1 + n_2 \cdot \delta_2 + n_3 \cdot \delta_3 + \dots + n_n \cdot \delta_n} = \frac{l_n \cdot \delta_n}{\sum_{i=1}^n n_i \cdot \delta_{i\text{нда}}}$$

каде се:  $n_1, n_2, n_3, \dots, n_n$  - суми на точки кои ги покриваат минералите во препаратот.

Точноста на обете анализи е голема и грешката зависи од содржината на минералот во пробата и бројот на точки, а се одредува според теоријата на веројатност по формулата:

$$\beta = 0.67 \sqrt{\frac{A(100 - A)}{n}}$$

при што е:  $\beta$  - веројатна грешка  
 $A$  - волуменски удел на минералот  
 $n$  - број на измерени точки

Опишаните методи треба да се користат во сите случаи, кога тежинскиот удел на минералот не може да се одреди преку хемиска анализа и со издвојување на мономинерална фракција.

### *Одредување на степенот на ослободеност на минералот*

Дефиниција: Количинската застапеност на еден минерал во слободни зрна, во однос на неговата вкупна застапеност во суровината, се нарекува степен на ослободеност на минералот.

Ако е

$a$  - количина на застапеност на минералот во вид на слободни зрна (g; број на зрна; број на точки; импулси и т.н.)

$a'$  - количинска застапеност на минералот во сраснати зрна (g; број на зрна; број на точки; импулси и т.н.)

тогаш степенот на ослободеност ( $A$ ) на минералот во суровината е еднаков:

$$A = \frac{a}{a + a'} \cdot 100$$

Покрај податокот за степенот на ослободеност на корисните минерали во суровината при дадена финоќа на мелење, од необична важност се и податоците, за квантитативниот удел на корисните минерали по класи на крупност и во оквирот на самите класи, во вид на слободни и сраснати зрна. Поради тоа суровината прво се класира, хемиски анализира по класи на крупност, а потоа содржаниот минерал во класата со погодна метода се разврстува на дел содржан во слободни и дел содржан во сраснати зрна. Со овие податоци се пресметнува интегралниот степен на ослободеност на дадениот минерал во суровината, по следната формула:

$$\bar{A} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i \cdot M_i \cdot A_i}{M_s \cdot 100}$$

каде е:

$\bar{A}$  - интегрален степен на ослободеност на минералот во суровината, %

$T$  - тежински удел на класата, %

$M$  - содржина на металот или минералот во класата, %

$A$  - удел на минералот во вид на слободни зрна, %

$M_s$  - средна содржина на металот или минералот во суровината, %

Пробата за испитување на степенот на ослободеност на минералите, треба да е репрезентативна за дадената суровина и со тежина од околу еден килограм. Најпрво, пробата се класира со мокро просејување со серија од сита до одредена крупност (ако се користи системот Tyler, пожелно е да се просејува по можност заклучно со сито од 400 меша), а понатаму седиментометриски или со елутриација. При тоа се настојува со класирањето да се издвои најситната класа, со ред на големина испод 10 микрона. Потоа класите се мерат и се пресметнува тежинскиот удел.

Од секоја добиена класа се издвојуваат две проби - за хемиска анализа и за одредување на уделите на минералот во слободните и сраснатите зрна.

Хемиски се анализира содржината на елементите кои потекнуваат од минералот чии степен на ослободеност се одредува. На пример: за сулфидна оловно - цинкова руда хемиски се анализираат содржините на Pb, Zn и Cu, ако истите потекнуваат од галенитот, сфалеритот и халкопиритот, чии степен на ослободеност се одредува. Резултатите од класирањето и од хемиската анализа се прикажуваат таблично (види гранулометриски и хемиски состав).

Одредувањето на уделот на еден или повеќе минерали, во слободните и сраснатите зрна по класи на крупност, е релативно сложена постапка. Ова можеме да го направиме со помош на следните методи:

- 1 - со издвојување на мономинерални фракции
- 2 - со бинакуларен сџереомикроскоп
- 3 - со ѓоларизационен микроскоп и илџеграџор
- 4 - радиографски
- 5 - со комбинирана ѓосџаџка (класирање и хемиско расџварање на минералиџе)

*Издвојување на мономинерални фракции.* Во зависност од минералниот состав на суровината, односно, физичките и физичко-хемиските карактеристики на минералите и разликите кои овие минерали ги покажуваат (во поглед на специфичната тежина, магнетичноста, електропроводливоста, флотабилноста и др.) се применува соодветна метода за издвојување на мономинерална фракција. Начинот на изведување на анализата е едноставен, меѓутоа, можноста од добивање на позитивни резултати е релативно мала, од повеќе причини:

- а) карактеристиките на мономинералните зрна (слободните) и сраснатите зрна во кои преовладува дадениот минерал се многу блиски;
- б) кај полиминералните суровини честа е појавата да извесни минерали имаат блиски карактеристики;
- ц) издвојувањето на мономинералните фракции кај ситните класи, од ред на големина до неколку десетина микрони, во поголемиот број на случаи е отежнато.

Поради својата едноставност, оваа метода треба да се користи во сите случаи кога можат да се добијат позитивни резултати, потоа во случаевите кога ни се доволни ориентациони податоци или да се комбинира со други методи.

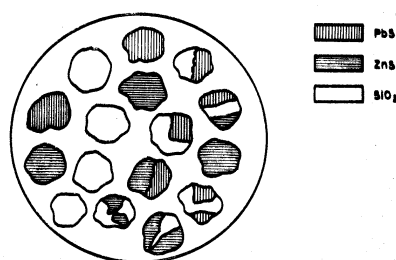
*Исџџување со бинакуларен сџереомикроскоп.* Од секоја класа на крупност се издвојува средна проба, со тежина од неколку грама. Пробата или дел од неа се става на рамна стаклена плочка и со стапче се развлекува

во монослој. Потоа пробата се разделува на приближно еднакви квадратни полиња и секое поле се испитува.

Со визуелно посматрање на зрната, според содржината на минералите, ги сврстуваме во слободни - мономинерални и сраснати - биминерални или полиминерални (ако во зрната има повеќе од два минерала). Во сраснатите зрна се проценува уделот на содржаните минерали, внесувајќи ја во бележница волуметриската содржина на едена компонента кога се работи за биминерални зрна, или волуметриската содржина на сите компоненти кога се работи за полиминерални зрна. Имајќи во предвид дека, во рамките на една класа, зрната се приближно со еднаква големина, за мерна единица може да се земе зрното. Така секое слободно зрно би било еднакво на оваа вредност, а во сраснатите зрна збирот на содржаните компоненти е еднаков на оваа големина.

Анализата на составот на зрната, проценката на уделот на минералите во сраснатите зрна и начинот на опишување на резултатите, ќе го покажеме на еден број зрна, како што е дадено на сл. 53 и таблично.

Од корисните минерали се застапени галенит и сфалерит, а од минералите на јаловината кварц. Споменатите минерали се јавуваат во слободни и сраснати зрна (би и полиминерални).



Табличен приказ на составот на минералните зрна посматрано под бинакуларен стереомикроскоп

Минерал	Удели на минералите во зрната - единици	Вкупно единици
Слободни мономинерални зрна		
PbS	2	2.0
ZnS	3	3.0
SiO <sub>2</sub>	4	4.0
Сраснати - биминерални зрна		
Волуметриска содржина на првата компонента		
PbS - SiO <sub>2</sub>	0.5 + 0.3	0.8
PbS - ZnS	0.5 + 0.7	1.2
Zns - SiO <sub>2</sub>	0.2	0.2
Сраснати - полиминерални зрна		
Волуметриска содржина на компонентите		
PbS	0.3 + 0.2	0.5
ZnS	0.3 + 0.1	0.4
SiO <sub>2</sub>	0.4 + 0.7	1.1

Според добиените резултати, уделот на галенит, сфалерит и кварц во слободните зрна би изнесувал:

$$PbS_{sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{2}{2+(0.8+1.2)+0.5} \cdot 100 = 44.4\%$$

$$ZnS_{sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{3}{3+(1.2+0.2)+0.4} \cdot 100 = 62.5\%$$

$$SiO_{2sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{4}{4+(0.2+0.8)+1.1} \cdot 100 = 65.6\%$$

Уделот на галенит, сфалерит и кварц во сраснатите зрна ќе претставува допуна до 100%, кој дел понатаму може да се расчлени на содржина во биминерални и полиминерални зрна.

На опишаниот начин се одредува уделот на минералите во слободните и сраснатите зрна, по класи на крупност, а потоа се пресметнува степенот на ослободеност на минералите во рудата.

За пресметнување на степенот на ослободеност на минералите во суровината, потребни се податоци за средната содржина на минералот (или на елементите кои се наоѓаат во минералот) во класата и во влезната суровина. Доколку овие податоци од некои причини не се востановени со хемиската анализа, можат да се пресметаат врз основа на податоците за волуменскиот удел на минералите во класата (содржани во слободните и сраснатите зрна) и специфичните тежини на минералите.

Ако се волуменските удели на минералите во класата, содржани во слободни и сраснати зрна,

$$(a_1 + a'_1), (a_2 + a'_2), (a_3 + a'_3), \dots \dots (a_n + a'_n)$$

а специфичните тежини на дадените минерали  $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \dots \dots \delta_n$  тогаш тежинскиот удел на минералите во класата ќе биде:

$$T = \frac{(a_1 + a'_1) \cdot \delta_1}{(a_1 + a'_1) \cdot \delta_1 + (a_2 + a'_2) \cdot \delta_2 + (a_3 + a'_3) \cdot \delta_3 \dots \dots (a_n + a'_n) \cdot \delta_n}$$

Покрај можноста за одредување на степенот на ослободеност на минералите во суровината, со испитувањата можат да се добијат и други многу корисни податоци, како што се: асоцијацијата на минералите во зрната, начин на сраснување, големина и облик на минералите во сраснатите зрна, степен на оксидација на примарните минерали, испуканост на минералие и т.н. Меѓутоа, сите овие податоци треба да се сметаат за груби или ориентациони од повеќе причини:

1. - минералите со блиски карактеристики, поготово во сраснатите зрна, можат да бидат меѓусебно заменети;
2. присуството и уделот на минералите во сраснатите зрна се оценува врз основа на површинските обележја на зрната, што во случајот на металичните минерали, одговара само делимично на



правата состојба, бидејќи внатрешноста на зрната не е достапна за испитување;

3. минералите во сраснатите зрна, од ред на големина испод 50 микрони, тешко се дијагностицираат.

*Испитувања со поларизационен микроскоп и интегратор.* Од секоја класа на крупност која е хемиски анализирана, се издвојуваат проби за изработка на препарати - за покрупните (изнад 200 меша) најмалку четири, а за поситните класи две проби.

Со прегледувањето на препаратите се одредува минералошкиот состав по класи на крупност, а потоа се интегрираат површините на минералите да би се утврдил нивниот удел во слободните и сраснатите зрна.

Ако е  $I_1$  вкупната должина на отсечките на минералите содржани во слободните зрна, а  $I_1'$  вкупната должина на отсечките на минералите содржани во сраснатите зрна, тогаш уделот на дадениот минерал во слободните зрна во испитуваната класа на крупност е:

$$A = \frac{I_1}{I_1 + I_1'} \cdot 100$$

на ист начин се анализира секој минерал во класата, чиј степен на ослободеност во суровината се одредува.

Добиените вредности за уделот на минералот во слободните зрна во испитуваната класа, не можат да се земат како конечни, бидејќи во препаратот сраснатото зрно може да се види како слободно, ако полираниот пресек поминува низ една од содржаните компоненти во зрното. Поради тоа се пресметнуваат поправни коефициенти за секоја класа на крупност, пропорционално на просечната содржина на дадениот минерал во сраснатите зрна. Големината на поправниот коефициент варира и се движи од 1.23 до максимум 3. Со воведувањето на поправен коефициент, се смалува уделот на слободни зрна за сметка на зголемувањето на уделот на дадениот минерал во сраснатите зрна. Добиените вредности се сметаат за стварни или реални за испитуваната класа и овие податоци се користат за пресметнување на интегралниот степен на ослободеност на минералите во рудата.

Делот од минералот содржан во сраснатите зрна, со интегрирање се разврстува во согласност со асоцијацијата на минералите и бројот на застапени компоненти. По добивањето на сите елементи се изработува биланс на минералот, кој ќе ја прикаже неговата распределба во суровината според начинот на појавување. Во следните табели прикажани се резултатите од испитувањето на ковелинот во сулфидно - бакарната руда.

Бројчаните податоци за распределбата на минералот во суровината според начинот на појавување, треба да се комплетира со податоците за структурата на сраснатите зрна, големината, обликот и распоредот на минералот во зрната, начинот на сраснување, оксидацијата и т.н.

Испитувањето на суровината во фазата на мелењето, со опишаната метода, е многу сложено и можат да го изведат само лица со подолго искуство. Оваа метода треба да се користи во сите случаи каде е можна нејзината примена, бидејќи својата полна афирмација ја има најдено како во оквирот на лабораториските испитувања така и во погонските услови на работа.

*Грануломейџриски и хемиски состав*

Класа на крупност во микрони	T [%]	Cu [%]	Распределба Cu %
-104 + 74	31.02	0.44	23.29
- 74 + 43	15.74	0.91	24.44
- 43 + 20	43.56	0.67	49.80
- 20 + 0	9.68	0.15	2.47
Влез	100.00	0.59	100.00

Одредување на распределбата на ковелинот во слободните и сраснатите зрна, по класи на крупност со микроскопска анализа.

Класа на крупност во микрони	Одредена распределба на ковелинот, %		Удел на ковелинот во сраснатите зрна, волуменски, %	Поправен коефициент
	Слободен	Сраснат		
- 104 + 74	22.50	78.50	70 - 80	1.40
- 74 + 43	25.51	74.49	50 - 60	1.24
- 43 + 20	43.58	56.42	40 - 50	1.23
- 20 + 0	не е испитувана			

Стварна распределба на ковелинот во слободни и сраснати зрна по класи на крупност

Класа на крупност во микрони	Стварна распределба на ковелинот, %			
	слободен	С р а с н а т		
		со пирит	со минерали на јаловина	полиминерални зрна
- 104 + 74	-	35.50	25.80	38.70
- 74 + 43	7.64	31.63	29.10	31.63
- 43 + 20	30.04	30.16	39.80	-
- 20 + 10	100.00	-	-	-

Степен на ослободеност на ковелинот во испитуваната рудна проба

Класа на крупност во микрони	T [%]	Cu [%]	CuS - слоб. [%]
-104 + 74	31.02	0.44	-
- 74 + 43	15.74	0.91	7.64
- 43 + 20	43.56	0.67	30.04
- 20 + 0	9.68	0.15	100.00
Влез	100.00	0.59	19.30

Распределба на ковелинот во слободни и сраснати зрна во испитуваната рудна проба

Класа на крупност во микроми	Распределба на ковелинот, %				
	слободен	С р а с н а т			
		со пирит	со минерали на јаловина	полиминерални зрна	вкупно
- 104 + 74	-	8.27	6.00	9.02	23.29
- 74 + 43	1.87	7.73	7.11	7.73	24.44
- 43 + 20	14.96	15.02	19.82	-	49.80
- 20 + 10	2.47	-	-	-	2.47
Влез	19.30	31.02	32.93	16.75	100.00

*Радиографско испитување.* По извршеното класирање и хемиско анализирање, од секоја класа на крупност се издвојува проба за изработка на препарат.

Изработката на препарат за овој вид на испитувања е многу едноставна. На стаклена плочка со големина  $2 \times 2$  cm, која се користи кај петрографските препарати како покровно стакло, претходно загреана на  $70^{\circ}\text{C}$  и премачкана со тенок слој на канадабалсам, се нанесува пробата во монослој. Со стаклено стапче се разместуваат зрната по плочката, се истиснуваат меурчињата и плочката се остава да се лади.

Секој рендген апарат е погоден за овој вид на испитувања. Потребно е само да се вгради носач, за поставување на препаратот пред прозорчето на рендгенската цевка, на оддалеченост од 23.5 cm. Ова, за да се осигура подеднаков интензитет на зрачење на целата површина на препаратот.

Со пропуштање на X - зраци низ препаратот доаѓа до апсорпција на овие зраци од страна на минералот. Бидејќи зад стаклената плочка е поставена фотографска плоча, на неа се регистрира разликата во интензитетот на апсорпцијата на X - зраците од страна на минералите. Должината на зрачење на препаратот е во просек околу 7 минути. Потоа, фотографската плоча е предмет на испитување под петрографски микроскоп.

Силната апсорпција на радијацијата од страна на елементите содржани во минералот, во радиографот се гледа како сјајно - бела површина, слабата апсорпција како темно - сива, наспроти црната основа на неапсорбирачкиот материјал (стаклото).

За овој вид на испитување треба да се користат монохроматски радиации (Cu, Ni и др.), во согласност на природата на суровината која се испитува.

Минералите во радиографот се гледаат во природна големина, тоа е истовремено предност на оваа метода, во однос на многу други. Меѓутоа, можноста за дијагностицирање на минералите со оваа метода е релативно

мала и прифатлива главно за оксидите на тешките метали и самородните минерали (злато, сребро, платина, никел и т.н.).

*Иситнување со комбинирана процесувања - просејување и хемиско растварање на минералиите.* Методата, во принцип, е применлива за суровини кај кои постои разлика во поглед на растворливоста на минералите или групи на минерали, со одредени хемиски реагенси.

Суровината се класира и секоја класа на крупност се подложува на хемиско растварање. Добиениот нерастворен остаток во класата претставува минерал чиј степен на ослободеност се одредува. Остатокот се просејува, со тоа да најкрупната класа одговара на крупноќата на појдовната класа, т.е. пред растварањето.

Најкрупната класа го претставува делот од минералите содржани во мономинерални или слободни зрна, а поситните класи го претставуваат делот од минералите содржан во сраснатите зрна. На пример: во суровината од корисните минерали се наоѓаат минералите на ниобиумот, а од минералите на јаловината - калцит, доломит и апатит. Минералите на јаловината се раствараат во 15% раствор на  $\text{HNO}_3$ , наспроти минералите на ниобиумот кои не се раствораат.

Во суровината треба да се утврди степенот на ослободеност на минералите на ниобиумот, при дадена финоќа на уситнување. Суровината се просејува и секоја класа на крупност оддвоено се раствара во  $\text{HNO}_3$ . Минералите на јаловината одат во растворот, а минералите на ниобиумот се добиваат во вид на нерастворлив остаток. Остатокот од класата се просејува на повеќе сита, со тоа да најкрупната класа одговара по крупноќата на појдовната класа, која истовремено го претставува уделот на слободните зрна на минералите на ниобиумот. А содржината на овие минерали во поситните класи ја покажуваат неговата застапеност во сраснатите зрна.

#### *Иситнување на производиите на концентрација*

Со уситнувањето на суровината се настојува да се постигне максимално ослободување на корисните минерали. Меѓутоа, при едно оптимално уситнување, никогаш не се постигнува потполно ослободување, во извесни случаи ни задоволувачко, бидејќи тоа е различно за различни минерали, а зависи од природата на самите минерали и структурно - текстурните карактеристики на суровината.

Сраснатите зрна создаваат посебни тешкотии во процесот на издвојување на минералите. Тие влегуваат во некој од концентратите смалувајќи му го квалитетот или одат во јаловината, тогаш дел од корисниот минерал се губи.

Посебно значење имаат срасоците со микроскопски димензии, кои се карактеристични за многу типови на руда. На пример: во титановите руди главен индустриски минерал е илменитот, кој различно асоцира со минералите на железото. Некогаш се тоа фини сраснувања на илменитот со хематитот или магнетитот. Во низа на оловно - цинкови руди,

халкопиритот, пирхотинот или двата минерала истовремено се појавуваат во сфалеритот, во вид на инклузии со микроскопски димензии. Во такви и слични руди, минералите не можат да се раздвојат во процесот на мелење, и со тоа мора да се планира технолошкиот процес.

Успешноста на издвојување на минералите, делумно е условена и од големината на зрната. На пример магнетската и електростатичката концентрација најефикасна е за зрна со големина над 0.05 mm, а флотациската концентрација за зрна со ред на големина од преку 0.01 mm.

Обележјата и чистоќата на минералните зрна, исто така имаат влијание на однесувањето на минералите во процесот на концентрација. На пример, минералните зрна со чисти површини, со флотирање успешно се раздвојуваат според нивниот состав. Меѓутоа, зрната прекриени со опна од некој друг минерал, некогаш со дебелина од се на се неколку микрони, различно се однесуваат. Халкопиритот и другите сулфидни минерали на бакарот прекриени со тенка опна од куприт или малахит, или галенитот прекриен со опна од церусит или англезит. Појавата на превлаки на минералите, резултат се на оксидацијата на примарните минерали во наоѓалиштето. Во фазата на мелење, цепењето на зрната обично оди низ оксидните минерали, па истите се јавуваат околу сулфидните минерали. Понекогаш минералите можат да добијат превлаки за време на процесот на мелење, како што е случај со минералите на железото. На брза оксидација се склони пирхотинот и марказитот а понекогаш и пиритот.

Структурно - минералошките анализи на производите на концентрација се еден вид контрола на процесот на издвојување. Со помош на нив се проверува ефикасноста на издвојување и квалитетот на издвоените производи. Во извесни случаи овие анализи можат да послужат и како основа за одредени корекции во технолошкиот процес а и за разработување на технологија спрема специфичноста на суровината, нејзиниот минерален состав и структурно - текстурни карактеристики.

Начинот на испитување на производите, било во оквир на лабораториски истражувања било во индустриски услови на работа, во основа е сличен на начинот на испитување на суровината во процесот на уситнување со дополна за да се објаснат настанатите појави.

### *МЕСТО И ЗНАЧЕЊЕ НА МИНЕРАЛОШКИТЕ ИСПИТУВАЊА ВО МИНЕРАЛНАТА ТЕХНОЛОГИЈА*

Во денешно време, се повеќе се експлоатираат многу сложени наоѓалишта на минерални суровини, како по хемискиот и минералошки состав, така и по асоцијацијата на минералите. Може слободно да се каже дека минералните суровини се многу комплексни, дека содржат повеќе корисни минерали и истите се јавуваат во ситни зрна и микрозрна.

Многу честа е појавата да одредени елементи, покрај тоа што образуваат сопствени минерали, влегуваат и во кристалните решетки на пратечките минерали. Во зависност од шемата на технолошкиот процес на концентрација на дадената суровина, дали пратечките минерали одат во

концентратот или не, овие елементи се издвојуваат или се губат. Кај металичните суровини, неметаличните минерали се третираат како минерали на јаловината, иако содржат извесни корисни елементи како: Ве, Li, Та, Nb и др.кои се јавуваат во гранитите, биотитот, турмалинот, мусковитот и т.н. Според тоа, губитоците на корисните компоненти произлегуваат пред се од непознавањето или делумното познавање на составот на суровината, а потоа и од шемата на технолошкиот процес.

Секако дека познавањето на хемискиот и минералниот состав, како и начинот на појавување на корисните компоненти во суровината, може да допринесе за комплексно добивање на сите или на поголемиот дел на корисни компоненти содржани во суровината. Ова укажува на местото и значајот на минералоките испитувања.

Минералшкото испитување на суровината, во рамките на технологијата на преработката, е специфично и може да го врши лице кое ги познава современите методи на минералшки испитувања, од една страна и принципите на припрема и концентрација на минералните суровини, од друга страна.

Технологијата на преработка на минералните суровини, по механички пат или со металуршка преработка, може да биде многу различна и зависи пред се од составот и склопот на минералната суровина. За потребите на минералната технологија треба детално да се изучува минералната суровина во сите фази на нејзината припрема и концентрација. Од одредувањето на хемискиот и минералниот состав, количинската застапеност на корисните, штетните, пратечките и јаловите минерали, до склопот на минералната суровина.

Паралелно со изучувањето на минералниот состав и склопот на минералната суровина, се изведуваат хемиски, спектрални, рендгенски и други испитувања на пооделните минерали. На тој начин се одредуваат хемиските, физичките и физичко-хемиските својства на минералите, со што се допринесува до нивно поуспешно издвојување од суровината.

Во текот на експлоатацијата на едно наоѓалиште главно внимание треба да се посвети на корисните минерали, односно минералите кои со применетата метода на концентрација се издвојуваат од суровината во вид на концентрат. Покрај дијагностицирањето на овие минерали неопходно е одредување и на други податоци како што се обликот и големината, начинот на сраснување на корисните минерали меѓусебно и со минералите на јаловината и распределбата на корисните минерали во слободните и сраснатите зрна.

Во процесот на уситнување (дробење и посебно мелење) покрај големината, обликот и начинот на сраснување, големо значење имаат и физичките својства на минералите( тврдина, ктост, порозност, испуканост, пластичност, ковност, цепливост и др.). Сите овие и многу други особини допринесуваат за побрзо или поспоро уситнување на суровината, што се манифестира во помал или поголем степен на ослободување на минералите од суровината и добивање на корисните минерали во поситните и најситните класи на крупност. сето ова има големо влијание

на успешноста на нивното издвојување од суровината со применетата постапка на концентрација. Поради тоа суровината во процесот на уситнување треба детално да се испитува, со одредување на комплетен гранулометриски состав, хемиски и минералошки состав, степен на ослободеност на корисните минерали, големина на корисните минерали во сраснатите зрна, нивната форма и начинот на сраснување, асоцијацијата на минералите во сраснатите зрна и т.н. Само вакви, севкупни испитувања, можат да покажат при која оптимална финоќа на мелење на суровината можат да се постигнат задоволителни резултати во поглед на ослободеноста, а при тоа да не дојде до преуситнување на суровината.

Во процесот на издвојување на корисни минерали од една суровина, минералошките испитувања треба да бидат секогаш присутни, да укажат на ефикасноста на издвојување на поделните минерали со постапките на концентрација. Овие испитувања се специфични, поради тоа што мора да се познава технолошкиот процес и во склоп на истиот да се предвидат минералошки испитувања кои ќе обезбедат полна контрола на применетата технологија од аспект на природата на суровината. Минералошките испитувања треба да укажат на однесувањето на поделните минерали во сите фази на концентрација.

На крајот треба да се каже дека минералошките испитувања прилагодени на потребите на концентрацијата, имаат пресудно значење при оценката на квалитетот на една суровина и изборот на технологијата на преработка.

Табличен приказ на составот на минералните зрна посматрано под бинокуларен стереомикроскоп

**Проба Б<sub>5</sub> → +150 меши (+104 μm)**

Минерал	Удели на минералите во зрната - единици	Вкупно единици
Слободни мономинерални зрна		
PbS	75	75
ZnS	20	20
SiO <sub>2</sub>	5	5
Сраснати - биминерални зрна Волуметриска содржина на првата компонента		
PbS - SiO <sub>2</sub>	0,8+1,2	2
PbS - ZnS	1,0+1,0	2
Zns - SiO <sub>2</sub>	1,5+3,5	5
Сраснати - полиминерални зрна Волуметриска содржина на компонентите		
PbS	-	-
ZnS	2	2
SiO <sub>2</sub>	1	1

**Според добиените резултати, уделот на галениј, сфалерит и кварц во слободните зрна би изнесувал:**

$$PbS_{sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{75}{75 + (2,0 + 2,0) + 0,0} \cdot 100 = 94,9\%$$

$$ZnS_{sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{20}{20 + (2,0 + 5,0) + 2,0} \cdot 100 = 69,0\%$$

$$SiO_{2sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{5}{5 + (2,0 + 5,0) + 1,0} \cdot 100 = 38,5\%$$



**Проба Б<sub>5</sub> → +200 меши (+74 μm)**

Минерал	Удели на минералите во зрната - единици	Вкупно единици
Слободни мономинерални зрна		
PbS	75	75
ZnS	20	20
SiO <sub>2</sub>	5	5
Сраснати - биминерални зрна Волуметриска содржина на првата компонента		
PbS - SiO <sub>2</sub>	0,8+0,2	1
PbS - ZnS	1,5+1,5	3
Zns - SiO <sub>2</sub>	1,5+2,5	4
Сраснати - полиминерални зрна Волуметриска содржина на компонентите		
PbS	-	-
ZnS	2	2
SiO <sub>2</sub>	1	1

**Според добиените резултати, уделот на галениј, сфалерит и кварц во слободните зрна би изнесувал:**

$$PbS_{sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{75}{75 + (3,0 + 1,0) + 0,0} \cdot 100 = 94,9\%$$

$$ZnS_{sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{20}{20 + (3,0 + 4,0) + 2,0} \cdot 100 = 69,0\%$$

$$SiO_{2sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{5}{5 + (4,0 + 1,0) + 1,0} \cdot 100 = 45,5\%$$

**Проба Б<sub>5</sub> → -200 меши (-74 μm)**

Минерал	Удели на минералите во зрната - единици	Вкупно единици
Слободни мономинерални зрна		
PbS	77	77
ZnS	22	22
SiO <sub>2</sub>	1	1
Сраснати - биминерални зрна Волуметриска содржина на првата компонента		
PbS - SiO <sub>2</sub>	0,8+1,2	2
PbS - ZnS	1,5+1,5	3
Zns - SiO <sub>2</sub>	1,5+1,5	3
Сраснати - полиминерални зрна Волуметриска содржина на компонентите		
PbS	1	1
ZnS	2	2
SiO <sub>2</sub>	1	1

**Според добиените резултати, уделот на галениј, сфалерит и кварц во слободните зрна би изнесувал:**

$$PbS_{st.} = \frac{a}{a+a} \cdot 100 = \frac{77}{77 + (0.8 + 1.2) + 1.0} \cdot 100 = 96,25\%$$

$$ZnS_{st.} = \frac{a}{a+a} \cdot 100 = \frac{22}{22 + (3.0 + 3.0) + 2.0} \cdot 100 = 73,3\%$$

$$SiO_{2st.} = \frac{a}{a+a} \cdot 100 = \frac{1}{1 + (2.0 + 3.0) + 1.0} \cdot 100 = 14,3\%$$

**Проба C<sub>5</sub> → +150 меши (+104 μm)**

Минерал	Удели на минералите во зрната - единици	Вкупно единици
Слободни мономинерални зрна		
PbS	25	25
ZnS	70	70
SiO <sub>2</sub>	5	5
Сраснати - биминерални зрна Волуметриска содржина на првата компонента		
PbS - SiO <sub>2</sub>	0.5 + 2.5	3,0
PbS - ZnS	0.5 + 0.5	1.0
Zns - SiO <sub>2</sub>	0,5	0,5
Сраснати - полиминерални зрна Волуметриска содржина на компонентите		
PbS	0.3 + 0.2	0.5
ZnS	0.3 + 0.0	0.3
SiO <sub>2</sub>	0.4 + 0.1	0.5

**Според добиените резултати, уделот на галениј, сфалерит и кварц во слободните зрна би изнесувал:**

$$PbS_{sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{25}{25 + (3,0 + 1,0) + 0,5} \cdot 100 = 84,7\%$$

$$ZnS_{sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{70}{70 + (1,0 + 0,5) + 0,3} \cdot 100 = 97,5\%$$

$$SiO_{2sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{5}{5 + (3,0 + 0,5) + 0,5} \cdot 100 = 55,55\%$$

**Проба C<sub>5</sub> → +200 меши (+74 μm)**

Минерал	Удели на минералите во зрната - единици	Вкупно единици
Слободни мономинерални зрна		
PbS	26	26
ZnS	73	73
SiO <sub>2</sub>	1	1
Сраснати - биминерални зрна Волуметриска содржина на првата компонента		
PbS - SiO <sub>2</sub>	0.5 + 4.5	5,0
PbS - ZnS	0.5 + 0.5	1.0
Zns - SiO <sub>2</sub>	0,5 + 0,5	1,0
Сраснати - полиминерални зрна Волуметриска содржина на компонентите		
PbS	0.3 + 0.2	0.5
ZnS	0.3 + 0.2	0.5
SiO <sub>2</sub>	0.4 + 0.1	0.5

**Според добиените резултати, уделот на галениј, сфалерит и кварц во слободните зрна би изнесувал:**

$$PbS_{sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{26}{26 + (5,0 + 1,0) + 0,5} \cdot 100 = 80,0\%$$

$$ZnS_{sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{73}{73 + (1,0 + 1,0) + 0,5} \cdot 100 = 96,7\%$$

$$SiO_{2sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{1}{1 + (5,0 + 1,0) + 0,5} \cdot 100 = 13,3\%$$

**Проба C<sub>5</sub> → -200 меши (-74 μm)**

Минерал	Удели на минералите во зрната - единици	Вкупно единици
Слободни мономинерални зрна		
PbS	74	74
ZnS	25	25
SiO <sub>2</sub>	1	1
Сраснати - биминерални зрна Волуметриска содржина на првата компонента		
PbS - SiO <sub>2</sub>	0.5 + 0.5	1,0
PbS - ZnS	0.5 + 0.5	1.0
Zns - SiO <sub>2</sub>	0.2 + 0,3	0.5
Сраснати - полиминерални зрна Волуметриска содржина на компонентите		
PbS	0.3 + 0.2	0.5
ZnS	0.3 + 0.2	0.5
SiO <sub>2</sub>	0.5 + 0.5	1.0

**Според добиените резултати, уделот на галениј, сфалерит и кварц во слободните зрна би изнесувал:**

$$PbS_{sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{74}{74 + (1,0 + 1,0) + 0,5} \cdot 100 = 96,7\%$$

$$ZnS_{sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{25}{25 + (1,0 + 0,5) + 0,5} \cdot 100 = 92,6\%$$

$$SiO_{2sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{1}{1 + (1,0 + 0,5) + 1,0} \cdot 100 = 28,6\%$$

**Проба K<sub>1</sub> → +150 меши (+104 μm)**

Минерал	Удели на минералите во зрната - единици	Вкупно единици
Слободни мономинерални зрна		
PbS	6	6
ZnS	4	4
SiO <sub>2</sub>	40	40
Сраснати - биминерални зрна Волуметриска содржина на првата компонента		
PbS - SiO <sub>2</sub>	15 + 15	30
PbS - ZnS	5 + 5	10
Zns - SiO <sub>2</sub>	10 + 10	20
Сраснати - полиминерални зрна Волуметриска содржина на компонентите		
PbS	3,5 + 2,0	5,5
ZnS	3,0 + 1,5	4,5
SiO <sub>2</sub>	4,0 + 1,0	5,0

**Според добиените резултати, уделот на галениј, сфалериј и кварц во слободните зрна би изнесувал:**

$$PbS_{sl.} = \frac{a}{a+a} \cdot 100 = \frac{6}{6 + (30 + 10) + 5.5} \cdot 100 = 11,65\%$$

$$ZnS_{sl.} = \frac{a}{a+a} \cdot 100 = \frac{4}{4 + (10 + 20) + 4,5} \cdot 100 = 10,4\%$$

$$SiO_{2sl.} = \frac{a}{a+a} \cdot 100 = \frac{40}{40 + (30 + 20) + 5} \cdot 100 = 42,1\%$$

**Проба K<sub>1</sub> → +200 меши (+74 μm)**

Минерал	Удели на минералите во зрната - единици	Вкупно единици
Слободни мономинерални зрна		
PbS	14	14
ZnS	11	11
SiO <sub>2</sub>	50	50
Сраснати - биминерални зрна Волуметриска содржина на првата компонента		
PbS - SiO <sub>2</sub>	10 + 10	20
PbS - ZnS	5 + 5	10
Zns - SiO <sub>2</sub>	10 + 10	20
Сраснати - полиминерални зрна Волуметриска содржина на компонентите		
PbS	2,5 + 2,0	4,5
ZnS	1,5 + 1,5	3,0
SiO <sub>2</sub>	1,0 + 1,0	2,0

**Според добиените резултати, уделот на галениј, сфалерит и кварц во слободните зрна би изнесувал:**

$$PbS_{sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{14}{14 + (20+10) + 4.5} \cdot 100 = 28,9\%$$

$$ZnS_{sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{11}{11 + (10+20) + 3,0} \cdot 100 = 25,0\%$$

$$SiO_{2sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{50}{50 + (20+20) + 2,0} \cdot 100 = 54,35\%$$

**Проба K<sub>1</sub> → -200 меши (-74 μm)**

Минерал	Удели на минералите во зрната - единици	Вкупно единици
Слободни мономинерални зрна		
PbS	15	15
ZnS	12	12
SiO <sub>2</sub>	50	50
Сраснати - биминерални зрна Волуметриска содржина на првата компонента		
PbS - SiO <sub>2</sub>	10 + 10	20
PbS - ZnS	10 + 10	20
Zns - SiO <sub>2</sub>	10 + 10	20
Сраснати - полиминерални зрна Волуметриска содржина на компонентите		
PbS	2,0 + 2,0	4,0
ZnS	1,5 + 1,5	3,0
SiO <sub>2</sub>	2,0 + 1,0	3,0

**Според добиените резултати, уделот на галениј, сфалериј и кварц во слободните зрна би изнесувал:**

$$PbS_{st.} = \frac{a}{a+a} \cdot 100 = \frac{15}{15 + (20 + 20) + 4,0} \cdot 100 = 25,4\%$$

$$ZnS_{st.} = \frac{a}{a+a} \cdot 100 = \frac{12}{12 + (20 + 20) + 3,0} \cdot 100 = 21,8\%$$

$$SiO_{2st.} = \frac{a}{a+a} \cdot 100 = \frac{50}{50 + (20 + 20) + 3,0} \cdot 100 = 53,75\%$$



**Проба K<sub>2</sub> → +150 меши (+104 μm)**

Минерал	Удели на минералите во зрната - единици	Вкупно единици
Слободни мономинерални зрна		
PbS	6	6
ZnS	4	4
SiO <sub>2</sub>	50	50
Сраснати - биминерални зрна Волуметриска содржина на првата компонента		
PbS - SiO <sub>2</sub>	10 + 10	20
PbS - ZnS	5 + 5	10
Zns - SiO <sub>2</sub>	10 + 10	20
Сраснати - полиминерални зрна Волуметриска содржина на компонентите		
PbS	3,5 + 2,0	5,5
ZnS	3,0 + 1,5	4,5
SiO <sub>2</sub>	4,0 + 1,0	5,0

**Според добиените резултати, уделот на галениј, сфалерит и кварц во слободните зрна би изнесувал:**

$$PbS_{st.} = \frac{a}{a+a} \cdot 100 = \frac{6}{6 + (20+10) + 5.5} \cdot 100 = 14,45\%$$

$$ZnS_{st.} = \frac{a}{a+a} \cdot 100 = \frac{4}{4 + (10+20) + 4,5} \cdot 100 = 10,4\%$$

$$SiO_{2st.} = \frac{a}{a+a} \cdot 100 = \frac{50}{50 + (20+20) + 5,0} \cdot 100 = 52,6\%$$

**Проба K<sub>2</sub> → +200 меши (+74 μm)**

Минерал	Удели на минералите во зрната - единици	Вкупно единици
Слободни мономинерални зрна		
PbS	13	13
ZnS	12	12
SiO <sub>2</sub>	50	50
Сраснати - биминерални зрна Волуметриска содржина на првата компонента		
PbS - SiO <sub>2</sub>	10 + 10	20
PbS - ZnS	5 + 5	10
Zns - SiO <sub>2</sub>	10 + 10	20
Сраснати - полиминерални зрна Волуметриска содржина на компонентите		
PbS	2,5 + 2,5	5,0
ZnS	1,5 + 1,5	3,0
SiO <sub>2</sub>	1,0 + 1,0	2,0

**Според добиените резултати, уделот на галениј, сфалерит и кварц во слободните зрна би изнесувал:**

$$PbS_{sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{13}{13 + (20 + 10) + 5,0} \cdot 100 = 27,1\%$$

$$ZnS_{sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{12}{12 + (10 + 20) + 3,0} \cdot 100 = 26,7\%$$

$$SiO_{2sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{50}{50 + (20 + 20) + 2,0} \cdot 100 = 54,3\%$$

**Проба K<sub>2</sub> → -200 меши (-74 μm)**

Минерал	Удели на минералите во зрната - единици	Вкупно единици
Слободни мономинерални зрна		
PbS	13	13
ZnS	12	12
SiO <sub>2</sub>	50	50
Сраснати - биминерални зрна Волуметриска содржина на првата компонента		
PbS - SiO <sub>2</sub>	5 + 5	10
PbS - ZnS	5 + 5	10
Zns - SiO <sub>2</sub>	10 + 10	20
Сраснати - полиминерални зрна Волуметриска содржина на компонентите		
PbS	2,0 + 2,0	4,0
ZnS	1,5 + 1,5	3,0
SiO <sub>2</sub>	1,0 + 1,0	2,0

**Според добиените резултати, уделот на галениј, сфалериј и кварц во слободните зрна би изнесувал:**

$$PbS_{st.} = \frac{a}{a+a} \cdot 100 = \frac{13}{13 + (10 + 10) + 4,0} \cdot 100 = 35,1\%$$

$$ZnS_{st.} = \frac{a}{a+a} \cdot 100 = \frac{12}{12 + (10 + 20) + 3,0} \cdot 100 = 26,7\%$$

$$SiO_{2st.} = \frac{a}{a+a} \cdot 100 = \frac{50}{50 + (10 + 20) + 2,0} \cdot 100 = 61,0\%$$

**Проба В<sub>1</sub> → +150 меши (+104 μm)**

Минерал	Удели на минералите во зрната - единици	Вкупно единици
Слободни мономинерални зрна		
PbS	7	7
ZnS	5	5
CuFeS <sub>2</sub>	2	2
SiO <sub>2</sub>	6	6
Сраснати - биминерални зрна Волуметриска содржина на првата компонента		
PbS - SiO <sub>2</sub>	20 + 10	30
PbS - ZnS	5 + 5	10
Zns - SiO <sub>2</sub>	25 + 15	40
Сраснати - полиминерални зрна Волуметриска содржина на компонентите		
PbS	3,5 + 2,0	5,5
ZnS	3,0 + 1,5	4,5
CuFeS <sub>2</sub>	2,0 + 1,0	3,0
SiO <sub>2</sub>	4,0 + 1,0	5,0

**Според добиените резултати, уделот на галениј, сфалерит и кварц во слободните зрна би изнесувал:**

$$PbS_{sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{7}{7+(30+10)+5.5} \cdot 100 = 13,3\%$$

$$ZnS_{sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{5}{5+(10+40)+4,5} \cdot 100 = 8,4\%$$

$$SiO_{2sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{6}{6+(30+40)+5,0} \cdot 100 = 7,4\%$$

$$CuFeS_{2sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{2}{2+(0.0+0.0)+3,0} \cdot 100 = 40,0\%$$

**Проба B<sub>1</sub> → +200 меши (+74 μm)**

Минерал	Удели на минералите во зрната - единици	Вкупно единици
Слободни мономинерални зрна		
PbS	5	5
ZnS	3	3
SiO <sub>2</sub>	90	90
Сраснати - биминерални зрна Волуметриска содржина на првата компонента		
PbS - SiO <sub>2</sub>	1,0 + 1,0	2,0
PbS - ZnS	0,5 + 0,5	1,0
ZnS - SiO <sub>2</sub>	1,5 + 1,5	3,0
Сраснати - полиминерални зрна Волуметриска содржина на компонентите		
PbS	1,0 + 1,0	2,0
ZnS	0,5 + 0,5	1,0
SiO <sub>2</sub>	1,5 + 1,5	3,0

**Според добиените резултати, уделот на галениј, сфалерит и кварц во слободните зрна би изнесувал:**

$$PbS_{sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{5}{3 + (2,0 + 1,0) + 2,0} \cdot 100 = 62,5\%$$

$$ZnS_{sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{3}{3 + (1,0 + 3,0) + 1,0} \cdot 100 = 37,5\%$$

$$SiO_{2sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{90}{90 + (2,0 + 3,0) + 3,0} \cdot 100 = 91,8\%$$

**Проба В<sub>1</sub> → -200 меши (-74 μm)**

Минерал	Удели на минералите во зрната - единици	Вкупно единици
Слободни мономинерални зрна		
PbS	5	5
ZnS	3	3
SiO <sub>2</sub>	93	93
Сраснати - биминерални зрна Волуметриска содржина на првата компонента		
PbS - SiO <sub>2</sub>	1,0 + 1,0	2,0
PbS - ZnS	0,5 + 0,5	1,0
Zns - SiO <sub>2</sub>	1,5 + 1,5	3,0
Сраснати - полиминерални зрна Волуметриска содржина на компонентите		
PbS	1,0 + 1,0	2,0
ZnS	0,5 + 0,5	1,0
SiO <sub>2</sub>	1,5 + 1,5	3,0

**Според добиените резултати, уделот на галениј, сфалерит и кварц во слободните зрна би изнесувал:**

$$PbS_{sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{5}{5 + (2,0 + 1,0) + 2,0} \cdot 100 = 50,0\%$$

$$ZnS_{sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{3}{3 + (1,0 + 3,0) + 1,0} \cdot 100 = 37,5\%$$

$$SiO_{2sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{93}{93 + (2,0 + 3,0) + 3,0} \cdot 100 = 92,1\%$$

**Проба В<sub>2</sub> → +150 меши (+104 μm)**

Минерал	Удели на минералите во зрната - единици	Вкупно единици
Слободни мономинерални зрна		
PbS	7	7
ZnS	5	5
CuFeS <sub>2</sub>	2	2
SiO <sub>2</sub>	7	7
Сраснати - биминерални зрна Волуметриска содржина на првата компонента		
PbS - SiO <sub>2</sub>	10 + 10	20
PbS - ZnS	5 + 5	10
Zns - SiO <sub>2</sub>	20 + 10	30
Сраснати - полиминерални зрна Волуметриска содржина на компонентите		
PbS	3,5 + 2,0	5,5
ZnS	3,0 + 1,5	4,5
CuFeS <sub>2</sub>	2,0 + 1,0	3,0
SiO <sub>2</sub>	4,0 + 1,0	5,0

**Според добиените резултати, уделот на галениј, сфалерит и кварц во слободните зрна би изнесувал:**

$$PbS_{sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{7}{7 + (20+10) + 5,5} \cdot 100 = 16,5\%$$

$$ZnS_{sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{5}{5 + (10+30) + 4,5} \cdot 100 = 10,1\%$$

$$CuFeS_{2sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{2}{2 + (0.0+0.0) + 3,0} \cdot 100 = 40,0\%$$

$$SiO_{2sl.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{7}{7 + (20+30) + 5,0} \cdot 100 = 11,3\%$$

**Проба В<sub>2</sub> → +200 меши (+74 μm)**

Минерал	Удели на минералите во зрната - единици	Вкупно единици
Слободни мономинерални зрна		
PbS	5	5
ZnS	3	3
SiO <sub>2</sub>	90	90
Сраснати - биминерални зрна Волуметриска содржина на првата компонента		
PbS - SiO <sub>2</sub>	1,0 + 1,0	2,0
PbS - ZnS	0,5 + 0,5	1,0
Zns - SiO <sub>2</sub>	1,5 + 1,5	3,0
Сраснати - полиминерални зрна Волуметриска содржина на компонентите		
PbS	1,0 + 1,0	2,0
ZnS	0,5 + 0,5	1,0
SiO <sub>2</sub>	1,5 + 1,5	3,0

**Според добиените резултати, уделот на галениј, сфалерит и кварц во слободните зрна би изнесувал:**

$$PbS_{st.} = \frac{a}{a+a} \cdot 100 = \frac{5}{5 + (2,0 + 1,0) + 2,0} \cdot 100 = 50,0\%$$

$$ZnS_{st.} = \frac{a}{a+a} \cdot 100 = \frac{3}{3 + (1,0 + 3,0) + 1,0} \cdot 100 = 37,5\%$$

$$SiO_{2st.} = \frac{a}{a+a} \cdot 100 = \frac{90}{90 + (2,0 + 3,0) + 3,0} \cdot 100 = 91,8\%$$



**Проба В<sub>2</sub> → -200 меши (-74 μm)**

Минерал	Удели на минералиите во зрна - единици	Вкупно единици
Слободни мономинерални зрна		
PbS	4	4
ZnS	3	3
SiO <sub>2</sub>	93	93
Сраснати - биминерални зрна Волуметриска содржина на првата компонента		
PbS - SiO <sub>2</sub>	1,0 + 1,0	2,0
PbS - ZnS	0,5 + 0,5	1,0
Zns - SiO <sub>2</sub>	1,5 + 1,5	3,0
Сраснати - полиминерални зрна Волуметриска содржина на компонентите		
PbS	1,0 + 1,0	2,0
ZnS	0,5 + 0,5	1,0
SiO <sub>2</sub>	1,5 + 1,5	3,0

**Според добиените резултати, уделот на галениј, сфалерит и кварц во слободните зрна би изнесувал:**

$$PbS_{st.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{4}{4 + (2,0 + 1,0) + 2,0} \cdot 100 = 44,4\%$$

$$ZnS_{st.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{3}{3 + (1,0 + 3,0) + 1,0} \cdot 100 = 37,5\%$$

$$SiO_{2st.} = \frac{a}{a+a'} \cdot 100 = \frac{93}{93 + (2,0 + 3,0) + 3,0} \cdot 100 = 92,1\%$$

## ***ИСПИТУВАЊА СО РУДЕН (Поларизациски) МИКРОСКОП***

### **ИЗВЕШТАЈ ОД ИЗВРШЕНИОТ ПРЕГЛЕД НА РУДНИ ПРЕПАРАТИ ОД ОЛОВЕН И ЦИНКОВ КОНЦЕНТРАТ**

Од страна на рудниците Саса ни беа даоставени проби од оловен и цинков концентрат, од класификатор и влезна руда, а со цел да се утврди најпогодната големина на зрната при која имаме најдобра отвореност на минералните зрна. За таа цел по добивањето на пробите извршена е нивна минералозна анализа по бинокуларен микроскоп. А потоа за дообјаснување на некои процеси и меѓусебни односи на поедините минерали од истите проби се направени рудни препарати.

Подолу ќе го резимираме настапувањето и карактеристиките на најзначајните рудни минерали на база на прегледот на препаратите во микроскопот.

При прегледот на рудните препарати изработени од оловниот и цинковиот концентрат од Рудниците “Саса”, утврдено е дека како најзначајни рудни минерали за продукцијата на оловото и цинкот во наоѓалиштето Свиња Река, се галенитот и сфалеритот. Као постојани паратители на овие рудни минерали се јавуваат пиритот, халкопиритот, пиротинот, марказиот, а делумно и борнитот.

Извршена е минералозна анализа на 18 проби и тоа шест проби од влезна руда, шест проби од оловен и цинков концентрат и шест проби од класификатор со големина на зрната од: + 104  $\mu\text{m}$ , - 104 +74 $\mu\text{m}$  и - 74  $\mu\text{m}$ .

### ***ПРОБА C<sub>5</sub>***

При минералозката анализа на пробата C<sub>5</sub> +74 $\mu\text{m}$  се добија следните резултати: 70% галенитски и 25% сфалеритски зрна. Сраснувањето на галенитот со кварц и други петрогени минерали е околу 3% и околу 2% припаѓа на останатите рудни минерали. При големина на зрната од - 104 +74 $\mu\text{m}$  од истата проба се добиени идентични резултати (галенит-70%, Сфалерит 25%, 3% сраснување и 2% други рудни минерали). Со анализа на зрната со големина -74 $\mu\text{m}$  имаме минимално зголемување на зрната на галенитот и сфалеритот, а се намалуваат сраснатите зрна. При оваа големина на зрната при

анализата се добија следените резултати (галенитски зрна - 72%, сфалеритски зрна – 26%, 1% сраснување и 1% на други рудни минерали.

Од истата проба C<sub>5</sub> +74μm, - 104 +74μm и -74μm, направени се три рудни препарати и при микроскопскиот преглед на препаратите се добиени следните податоци:

Во препаратот направен со големина на зрната од +74μm констатиравме дека галенитот е присутен со колу 65%, сфалеритот со 30% и 5% припаѓа на пирит и халкопирит.

Галенитот најчесто се јавува во самостојни парвилни и малку издолжени форми. Поедини зрна на галенит се кородирани од страна на восочно-жолтиот сфалерит и и пак метасоматски се потиснувани од страна на калцит.

Сфалеритот се јавува во вид на неправилни зрна со средна големина со чести инклузии на халкопирит. Халкопиритот ретко се јавува во вид на самостојни зрна, но чето е присутен во вид на емулзии во сфалеритот, додека приритот настапува во вид на самостојни и неправилни зрна.

Од истата проба извршен е преглед и на уште два рудни препарати со кои приближно се потврдија резултатите добиени со прегледот на препаратот C<sub>5</sub> +74μm.

Во препаратот C<sub>5</sub> - 104 +74μm е констатиран следниот сооднос на минералните зрна: галенит – 65%, сфалерит 30% и 5% халкопирит и пирит. Во препаратот C<sub>5</sub> - 74μm е утврден следниот сооднос: галенит 67%, сфалерит 31% и 2% пирит и халкопирит.

Од досега изнесеното по однос на отвореноста на минералните зрна во поедините проби од оловниот концентрат може да се заклучи дека најголема отвореност на минералните зрна е присутна во пробата C<sub>5</sub> - 104 +74μm, иако во пробата C<sub>5</sub> -74μm се појавува мало незначително зголемување на процентуалната застапеност на поедините минерали. Ова минимално зголемување треба да се зема со резерва бидејќи зраната се констатацијата за поголема отвореност на минералните зрна при нивна големина од - 74μm.

### *ПРОБА Б<sub>5</sub>*

При анализата на пробата Б<sub>5</sub> (цинков концентрат) со големина на зрната од + 104 μm констатиравме дека околу 80% пробата ја сочинуваат сфалеритски зрна, 10%

галенитски зрна, 5% сраснати зрна на сфалерит со кварц и калцити, 3% халкопиритски зрна 2% на други рудни и нерудни минерали.

При анализата на пробата Б<sub>5</sub> со големина на зрната од - 104 +74 $\mu$ m е утврдено присуство на сфалертитски зрна со околу 82%, 10% галенитски зрна, 4% сраснати зрна на сфалерит со други рудни и петрогени минерали, 3% халкопиритски зрна и 1% на останата минерали.

Зголементо присуство на зрна на сфалерит за околу 2% се должи на раздвојувањето на овие зрна во најголем дел од петрогените минерали при намалувањето на големината на зрната на вкупната проба. Ова на наведува на заклучок дека подобра отвореност на зрната (рудни и нерудни) се постигнува при нивна големина од - 104 +74 $\mu$ m.

Од истата проба Б<sub>5</sub> која претставува цинков концентрат е направен и руден препарат со цел да се согледат сраснувањата на присутните рудни и петрогени минерали. При прегледот на рудниот препарат е утврдено дека сфалертитските зрна настапуваат со околу 80% и тоа најчесто во вид на среднозрнести агрегати со темнокафеава до црна боја. За овие сфалеритски зрна е карактеристична нивна механичка нееднородност, халкопиритски емулзии, субмикроскопски вклучувања на пиротин и пирит и со алотриоморфно зрнеста структура. Присутен е и сфалерит кој по боја е восочно жолт до жолто-кафеав и под микроскоп има изглед на потплоно хомогена маса.

Галениот е присутен со околу 6% и настапува во вид на издолжени агрегати, во најголем дел со правилна форма. Ретки се сраснувања на галенитот до другите рудни и петрогени минерали, но галенитот често врши кородирање на сфалеритот. Многу ретко се сретнуваат сраснувања на галенит со кварц и калцит.

Пиритот исто така е присутен во минералната парагенеза, а во конкретниот препарат е застапен со околу 4%. Најчесто е сраснат со темно-кафеавиот сфалерит и многу ретко се јавува во вид на неправилни и сомостојни зрна.

Од останатите рудни минерали најчест е халкопиритот со околу 8%. Се јавува као самостојни неправилни зрна, во вид на емулзии во сфалеритот или пак врши корозија и метасомстски ги потиснува сфалеритските зрна. Од другите рудни минерали

пиритот е застапен со околу 4%, додека околу 1% припаѓа на останатите рудни минерали.

За процентуалната застапеност на петрогените минерали (кварц, калцит, доломит, гранат, амфиболи, епидот, хлорит и др.) под руден микроскоп е непожелно да се даваат било какви прогнози и коментари.

При микроскопскиот преглед на рудниот препарат од пробата Б<sub>5</sub> - 104 +74 $\mu$ m утврдено е присуство на сфалеритски зрна со околу 82%, галенит 6%, халкопирит 8%, 3% сраснати минерали и 1% останати рудни минерали (пиротин и пирит).

Карактеристиките на зрната на сфалеритот, галениотот, пиритот и на останатите рудни минерали се потполно идентични со предходниот препарат и нема потреба од нивно повторно опишување.

Минералошката анализа на пробата Б<sub>5</sub> -74 $\mu$ m укажа на многу блиска процентуална застапеност на рудните минерали со пробата Б<sub>5</sub> - 104 +74 $\mu$ m, што зборува дека не постои некоја поголема отвореност на минералните зрна. Оваа констатација се потврди и при микроскопскиот преглед на рудните препарати. Исто така неопходно е да се напомене дека и поради големата преуситнетост на минералните зрна и нивната идентификација е отежната.

Како заклучок може да се изведе дека најголема отвореност на минералните зрна во цинковиот концентрат се постигнува при големина на зрната од - 104 +74 $\mu$ m.

Од оловниот концентрат исто така е извршена минералошка анализа на три проби и тоа со големина од + 104  $\mu$ m, - 104 +74 $\mu$ m и -74 $\mu$ m.

### *ПРОБА К<sub>1</sub>;ПРОБА К<sub>2</sub>; ПРОБА В<sub>1</sub>; ПРОБА В<sub>2</sub>*

К<sub>1</sub> +104  $\mu$ m – сраснување 50%, 40% нерудни минерали, 6% галенит и 4% сфалерит,

К<sub>1</sub>- 104 +74 $\mu$ m – сраснување 30%, 45% нерудни минерали, 14% галенит и 11% сфалерит,

К<sub>1</sub> -74 $\mu$ m – сраснување 20%, 50% нерудни минерали, 16% галенит, 14% сфалерит.

Од изнесените податоци може да се заклучи дека со намалувањето на големината на зрната се постигнува и нивна најголема отвореност, односно поголема е можноста за нивно селективно раздвојување.

Од истите проби се направени и рудни препарати и при прегледот на рудните препарати се добиени следните резултати:

$K_2 +104 \mu\text{m}$  – сраснување 40%, 50% нерудни минерали, 5% галенит, 3% сфалерит и 2% пирит и халкопирит,

$K_2- 104 +74\mu\text{m}$  – сраснување 24%, 50% нерудни минерали, 11% галенит и 9% сафлерит, 6% халкопирит и пирит,

$K_2 -74\mu\text{m}$  – сраснување 18%, 50% нерудни минерали, 14% галенит, 12% сфалерит и 6% халкопирит и пирит.

Резултатите добиени при микроскопскиот преглед на рудните препарати се идентични со резултатите добиени од мионералошката анализи и истите само ја потврдуваат констатацијата за поголема отвореност на минералните зрна при нивна големина од  $-74\mu\text{m}$ .

**За минералошка анализа** се земени и проби од влезната руда со големина на зрната  $+104 \mu\text{m}$ ,  $- 104 +74\mu\text{m}$  и  $-74\mu\text{m}$ . Со минералошката анализа се добиени следните резултати:

$V_1 +104 \mu\text{m}$  – сраснување 80%, 5% нерудни минерали, 7% галенит и 6% сфалерит, халкопирит 2%,

$V_1- 104 +74\mu\text{m}$  – сраснување 22%, 70% нерудни минерали, 5% галенит и 3% сафлерит,

$V_1 -74\mu\text{m}$  – сраснување 17%, 75% нерудни минерали, 5% галенит, 3% сфалерит.

Од изнесените податоци може да се заклучи дека со намалувањето на големината на зрната се постигнува и нивна најголема отвореност, односно поголема е можноста за нивно селективно раздвојување.

Од истите проби се направени и рудни препарати и при прегледот на рудните препарати се добиени следните резултати:

$V_1 +104 \mu\text{m}$  – сраснување 77%, 10% нерудни минерали, 7% галенит, 4% сфалерит и 2% пирит и халкопирит,

V<sub>1</sub>- 104 +74µm – сраснување 23%, 60% нерудни минерали, 8% галенит и 6% сафлерит, 3% халкопирит и пирит,

V<sub>1</sub> -74µm – сраснување 23%, 60% нерудни минерали, 8% галенит, 6% сфалерит и 3% халкопирит и пирит.

Резултатите добиени при микроскопскиот преглед на рудните препарати се идентични со резултатите добиени од мионералошката анализи и истите само ја потврдуваат констатацијата за поголема отвореност на минералните зрна при нивна големина од -74µm.

Од изнесените податоци може да се заклучи дека со намалувањето на големината на зрната се постигнува и нивна најголема отвореност, односно поголема е можноста за нивно селективно раздвојување.

**За минералошка анализа** се земени и проби од влезната руда со големина на зрната +104 µm, - 104 +74µm и -74µm. Со минералошката анализа се добиени следните резултати:

V<sub>2</sub> +104 µm – сраснување 81%, 7% нерудни минерали, 7% галенит и 5% сфалерит,

V<sub>2</sub>- 104 +74µm – сраснување 22%, 70% нерудни минерали, 5% галенит и 3% сафлерит,

V<sub>2</sub> -74µm – сраснување 22%, 68% нерудни минерали, 5% галенит, 3% сфалерит, 2% пирит и халкопирит.

Од изнесените податоци може да се заклучи дека со намалувањето на големината на зрната се постигнува и нивна најголема отвореност, односно поголема е можноста за нивно селективно раздвојување.

Од истите проби се направени и рудни препарати и при прегледот на рудните препарати се добиени следните резултати:

V<sub>2</sub> +104 µm – сраснување 80%, 7% нерудни минерали, 6% галенит и 4% сфалерит, халкопирит и пирит 3%,

V<sub>2</sub>- 104 +74µm – сраснување 21%, 60% нерудни минерали, 8% галенит и 6% сафлерит и 5% пирит и халкопирит.

B<sub>2</sub> -74µm – сраснување 20%, 60% нерудни минерали, 9% галенит, 6% сфалерит, 5% пирит и халкопирит.

Резултатите добиени при микроскопскиот преглед на рудните препарати се идентични со резултатите добиени од мионералошката анализи и истите само ја потврдуваат констатацијата за поголема отвореност на минералните зрна при нивна големина од -74µm.

Врз основа на извршените испитувања (минералошки и рудномикроскопски) може да се заклучи дека најпогодна големина на зрната за нивно потполно отварање е - 104 +74µm. Ваквата големина на зрната овозможува добар влез во флотацијата, нивно добро калсирање како и нива добро флотирање.

ИЗГОТВИЛЕ:

**Универзитет “Св. Кирил и Методиј” -  
Скопје  
Рударско-геолошки факултет - Штип**

- 1.) Проф. д-р БОРИС КРСТЕВ, редовен професор
- 2.) Доц. д-р ОРЦЕ СПАСОВСКИ, доцент
- 3.) Проф. д-р МИРЈАНА ГОЛОМЕОВА