

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

کانه آرایي

(مقدمه – کانی شناسی – درجه آزادی)

دکتر سید محمد رضویان

عضو هیات علمی دانشگاه کاشان

شیوه ارزیابی

حضور موثر در کلاس: ۱ نمره

تمرین: ۲ نمره

گزارش آزمایشگاه: ۵

میان ترم: ۴ نمره (دوشنبه ۲۳ آبان)

پایان ترم: ۸ نمره

عناوین

Mineral Preparation تهیه مواد معدنی

Ore Preparation تهیه کانه

Mineral Dressing آرایش مواد معدنی

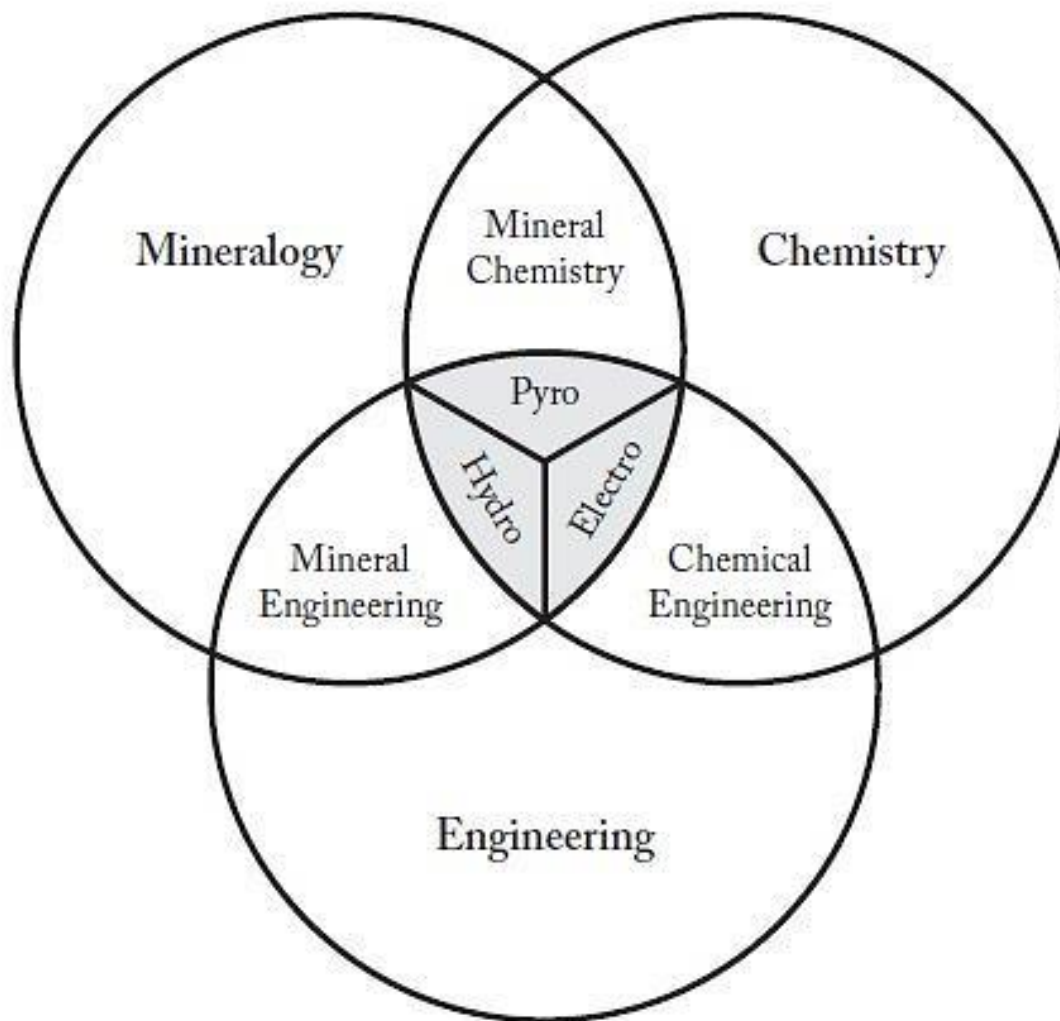
Ore Dressing کانه آرای

Ore Beneficiation ارزش افزایی کانه

Ore Concentration تغلیظ کانه

Mineral Processing فرآوری مواد معدنی

جایگاه فرآوری مواد معدنی در میان علوم



تعریف مفاهیم پایه

کانی (Mineral): ماده معدنی طبیعی که دارای ترکیب شیمیایی و ساختمان اتمی ثابتی است. مانند:

گالن (سولفید سرب: PbS)، اسفالریت (سولفید روی: ZnS) و کاسیتريت (اکسید قلع: SnO₂).

کانسار (Deposit): تمرکز کافی کانیها بطوریکه شرایط برای استخراج آنها مناسب باشد.

کانه (Ore): کانساری که مورد تقاضا است و استخراج آن اقتصادی است.

گانگ (Gangue): مواد اضافی و ناخواسته کانه که به آن باطله هم گفته می شود.

عیار (Grade): درصد فلز با ارزش در کانه.

○ مواد معدنی را می‌توان بر اساس خواص آنها تقسیم‌بندی کرد:

(۱) خصوصیات شیمیایی (خواص شیمیایی کلیه عناصر موجود در ماده معدنی)

(۲) خصوصیات فیزیکی (خواص مغناطیسی و ثقلی و ...)

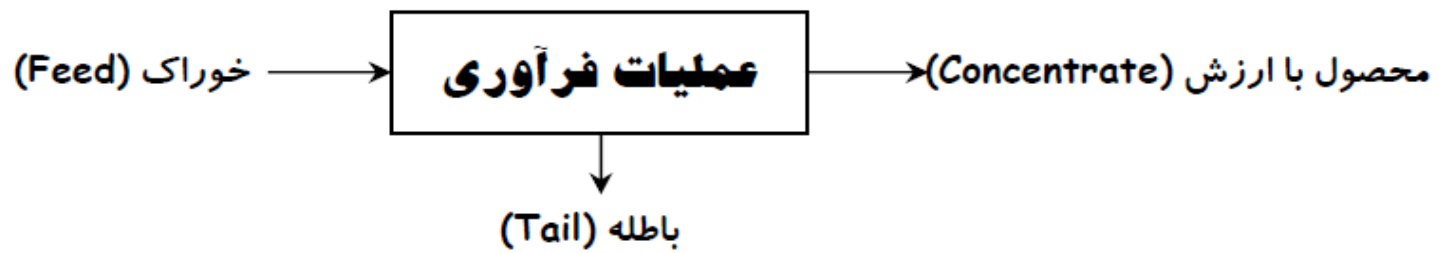
(۳) خصوصیات کریستالوگرافی (کوبیک، رومبیک و ...)

○ تقسیم‌بندی رایج مواد معدنی در مهندسی فرآوری مواد معدنی:

(۱) کانیهای خالص (Native Mineral)، مانند طلا، ...

(۲) کانیهای سولفیدی (Sulphide Mineral)، مانند پیریت (FeS_2)، گالن (PbS)، ...

(۳) کانیهای اکسیدی (Oxide Mineral)، مانند هماتیت (Fe_2O_3)، مگنتیت (Fe_3O_4)، ...



شکل ۱-۱- شمای عملیات فرآوری

○ با ارزش و بی ارزش بودن هر ماده معدنی تابعی از زمان، پیشرفتهای تکنولوژی و موقعیت اقتصادی می باشد.

ارزش نهفته: ارزش هر تن ماده معدنی است که به مقدار فلز و قیمت روز آن بستگی دارد.

○ اگر ارزش نهفته ماده معدنی بیش از هزینه های استخراج و فرآوری مواد باشد، کانسار به کانه تبدیل می شود.



اگر قیمت مس به ازای هر تن ۱۲۰۰ پوند و قیمت مولیبدن ۱۵ پوند بر کیلوگرم باشد، ارزش نهفته کانساری که شامل ۱٪ مس و ۰.۰۱۵٪ مولیبدن می باشد، چه مقدار خواهد بود؟

حل:

$$\text{تن/پوند} = 14.25 = 1200 \times \frac{1}{100} + 15000 \times \frac{0.015}{100} = \text{ارزش نهفته}$$

مزایای کانه آرایی:

(۱) کاهش هزینه حمل و نقل

(۲) کاهش هزینه ذوب (هزینه استخراج فلز)

(۳) کاهش اتلاف فلز

اولین گام اساسی در کانه آرایی:

شناسایی ترکیب کانه

شناسایی کانی ها

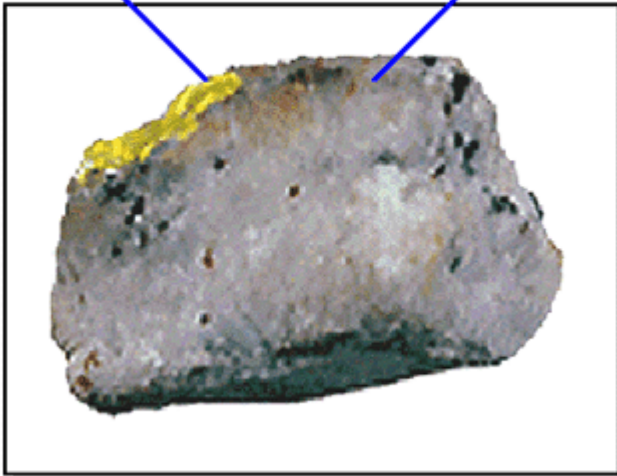
مشاهدات چشمی

میکروسکوپ نوری (بینوکولار)

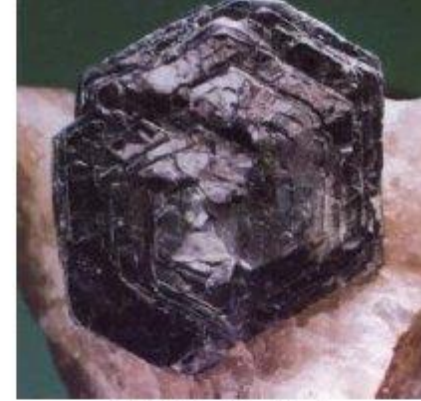
میکروسکوپ الکترونی

مشاهدات چشمی

Gold Gangue



Galena, PbS



Molybdenite, MoS₂



Pyrite, FeS₂



Sphalerite, ZnS

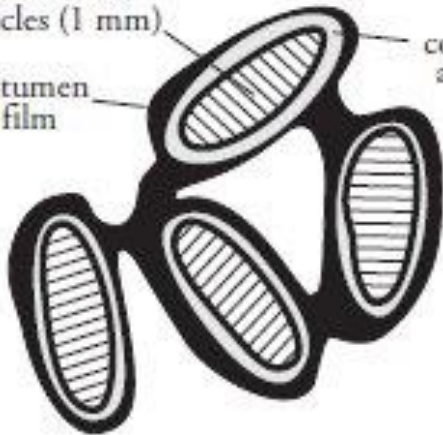


Chalcocite, Cu₂S

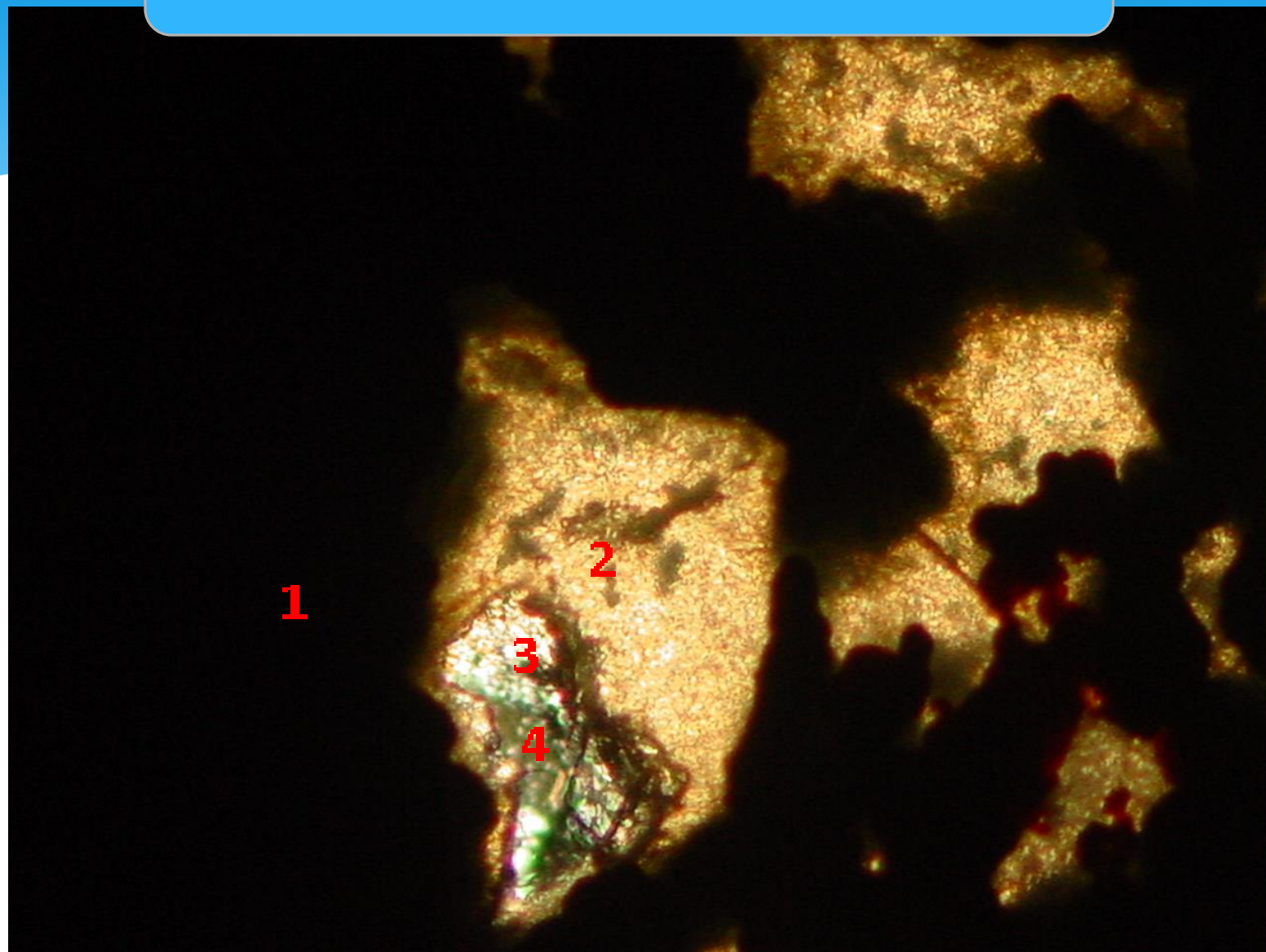


Chalcopyrite, CuFeS₂

Quartz sand particles (1 mm)
Bitumen film
Water envelope containing clay fines and other minerals



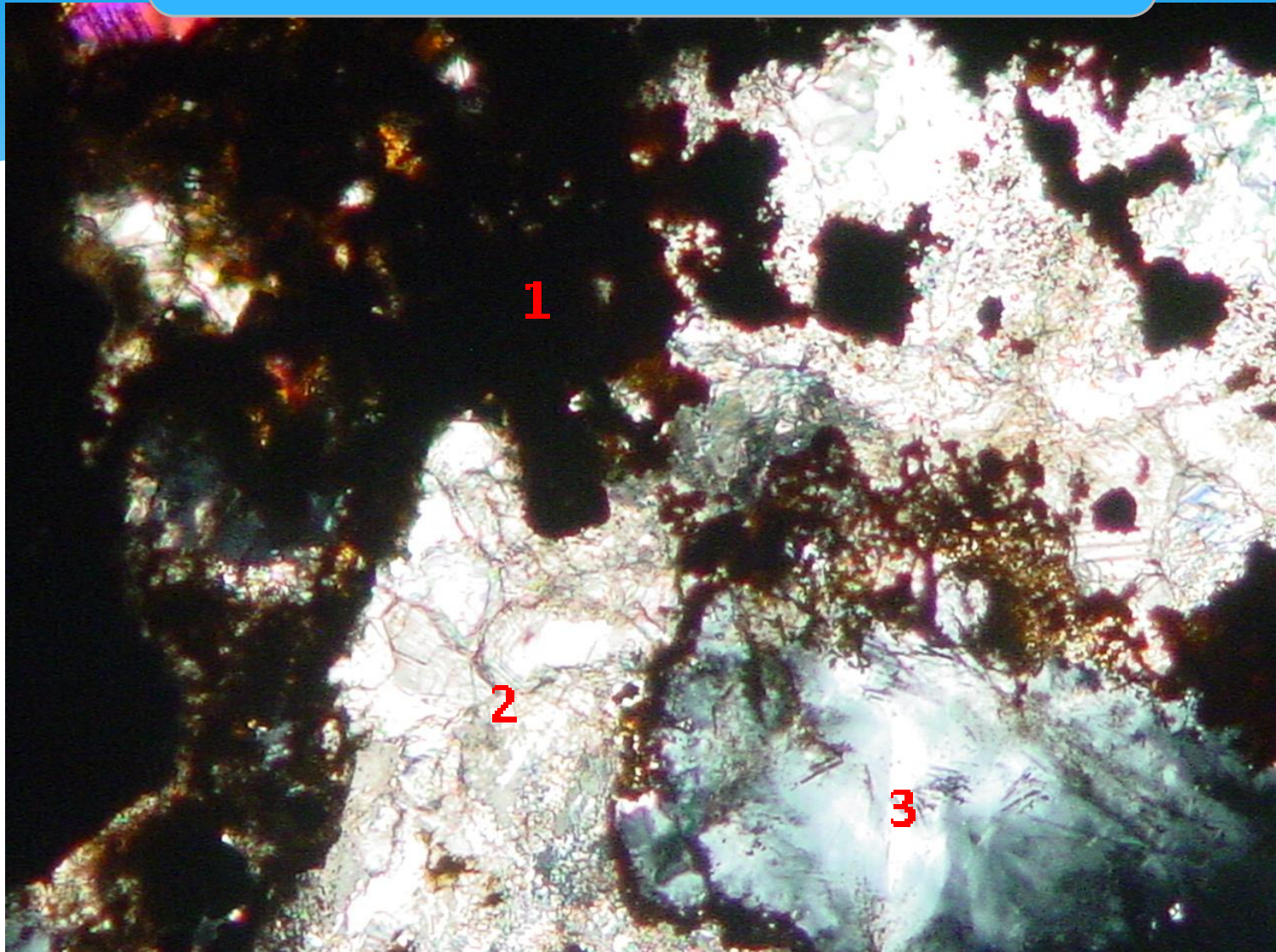
میکروسکوپ نوری (بینو کولار)



100μm

ادخالهای کوارتز و کلسیت در کانی های آهن دار (نور پلاریزه XPL)
۱- کانی های آهن دار ۲- کلسیت ۳- کوارتز ۴- کلریت

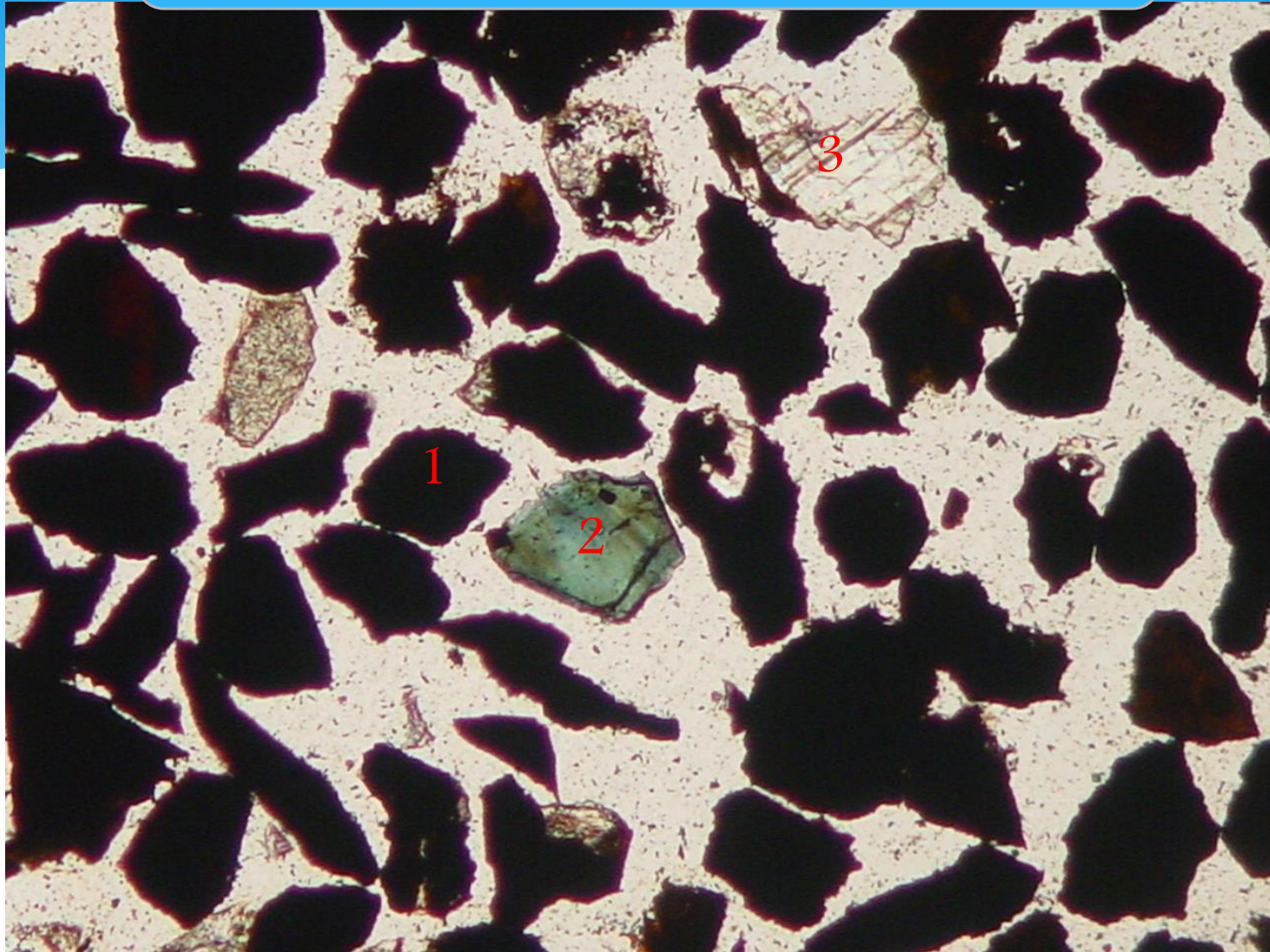
میکروسکوپ نوری (بینوکولار)



100μm

درگیری کوارتز و کلسیت با کانی های آهن دار (نور پلاریزه XPL)
۱- کانی های آهن دار ۲- کلسیت ۳- کوارتز

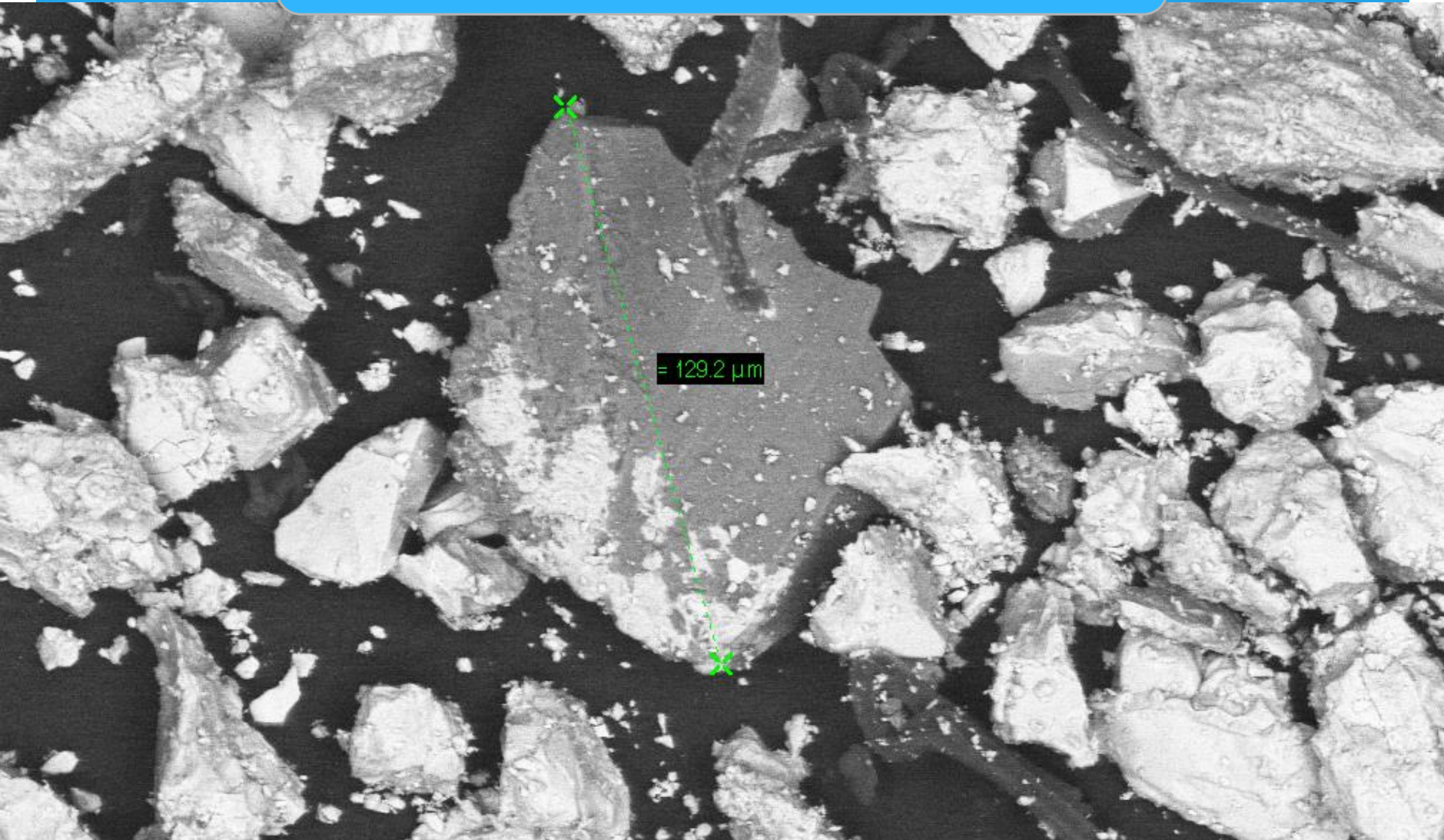
میکروسکوپ نوری (بینوکولار)



$100\mu\text{m}$

تصویر میکروسکوپی از دانه بندی ($75\pm 15\mu\text{m}$) (نور عادی PPL)
۱- کانی های آهن دار ۲- کلریت ۳- کلسیت

میکروسکوپ الکترونی



20μm



EHT = 20.00 kV

WD = 14 mm

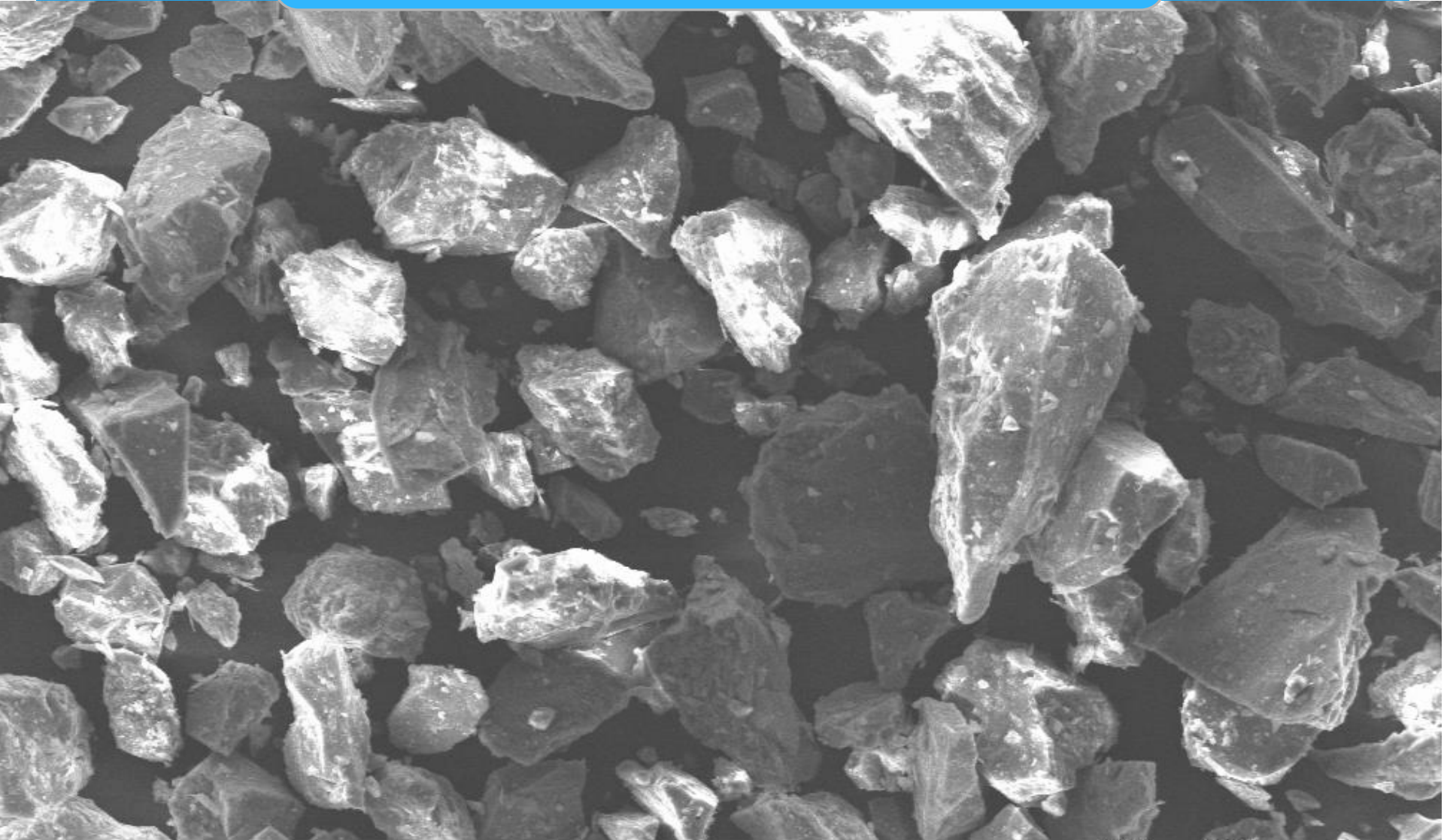
Iran Mineral Processing research center

Signal A = QBSD

MAG = 400 X

Date :13 Jun 2012

میکروسکوپ الکترونی



20µm



EHT = 16.00 kV

WD = 14 mm

Signal A = SE1

MAG = 400 X

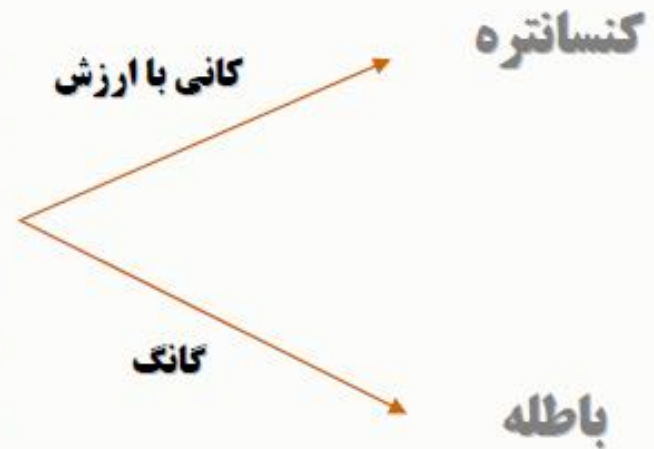
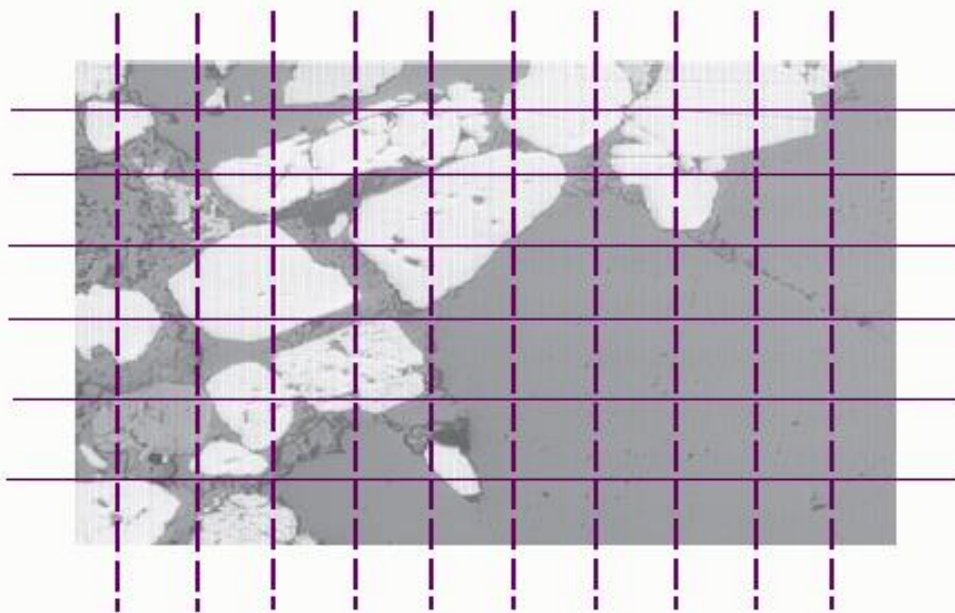
Iran Mineral Processing research center

Date :20 Jun 2012

□ عملیات عمده و اساسی در کانه آرایبی

▪ آزاد سازی (Liberation)

▪ پر عیار سازی (Concentration)

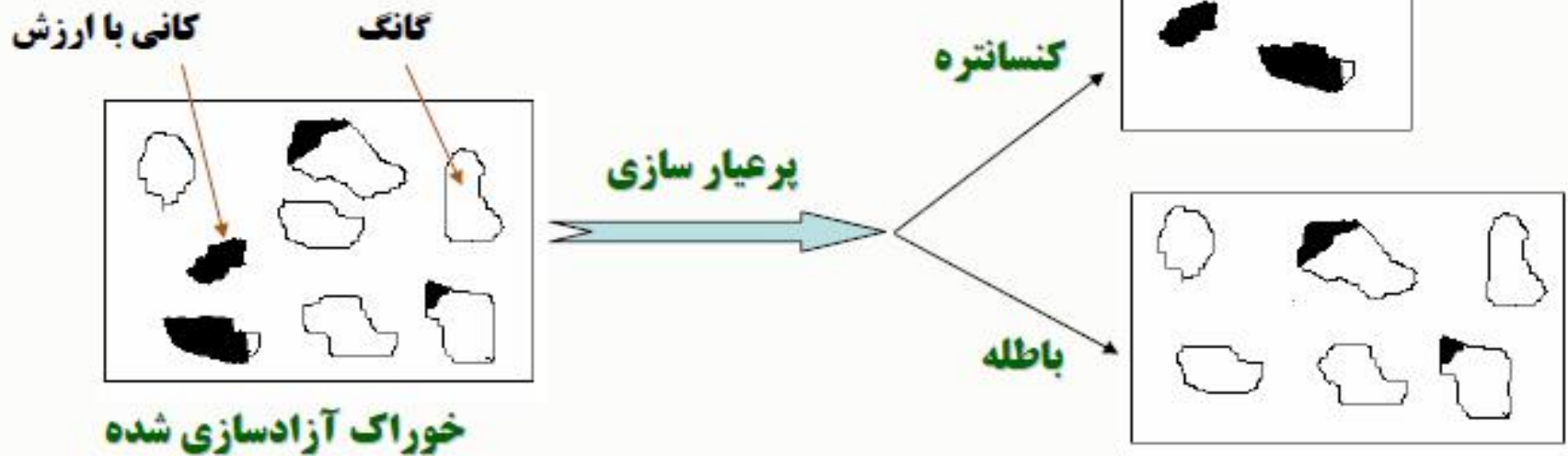
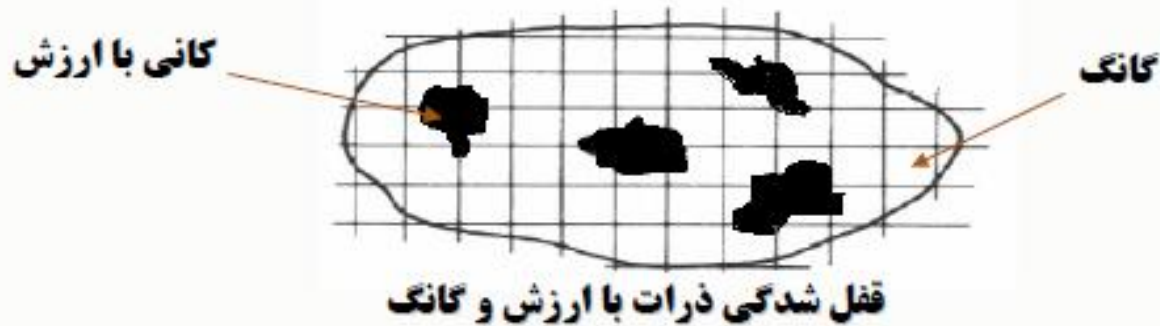


مقطعی از یک سنگ معدنی حاوی کانی با ارزش

□ آزاد سازی (Liberation)

✓ یکی از مهمترین اهداف خودایش، آزاد کردن کانی های با ارزش از گانگ در بزرگترین اندازه ممکن می باشد.

✓ آزاد کردن کانی ها با خورد کردن کانه در طی چند مرحله سنگ شکنی و آسیا کردن بدست می آید.

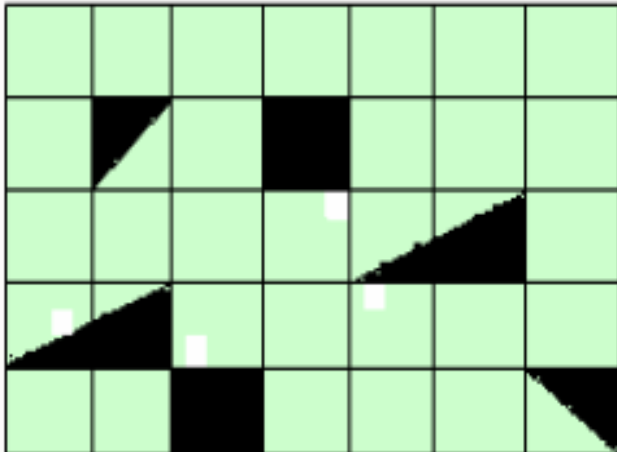


■ **درجه آزادی (Degree of Liberation)**

✓ درصدی از کل کانی با ارزش که بصورت آزاد وجود دارد. بعبارت دیگر درجه آزادی برابر با نسبت دانه های آزاد شده کانی با ارزش به کل دانه های کانی های با ارزش می باشد.

➔ **مثال**

✓ شبکه نشان داده شده در شکل زیر نشان دهنده قطعات خرد شده سنگ در اثر ضربه می باشد. درجه آزادی کانه با ارزش (سیاه رنگ) را در تعیین کنید.

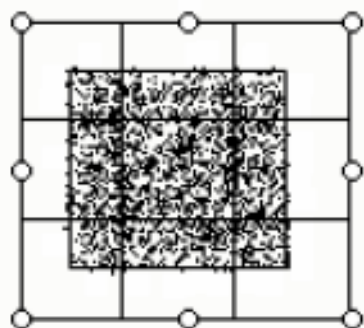


$100 * (\text{کل کانی با ارزش} / \text{کانی با ارزش آزاد}) = \text{درجه آزادی}$

$$= 2/5 * 100 = \%40$$

مثال ↴

اگر در یک سنگ معدنی کانی با ارزش بصورت مکعبی به ضلع ۲ میلی متر در مرکز سنگ باشد، با فرض اینکه شبکه خردایش منظم و بصورت $1\text{mm} * 1\text{mm}$ باشد، درجه آزادی کانی با ارزش را محاسبه کنید. اگر شبکه خردایش به $0/5\text{mm} * 0/5\text{mm}$ کاهش یابد، آیا درجه آزادی تغییر خواهد کرد؟

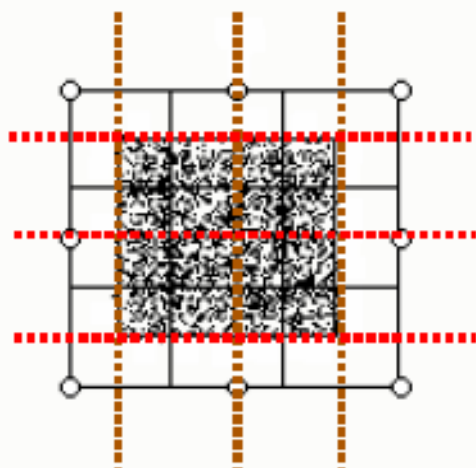


(الف)

$(\text{کل کانی با ارزش} / \text{کانی با ارزش آزاد}) = \text{درجه آزادی} * 100$

$$= 1/4 * 100 = \%25$$

(ب)

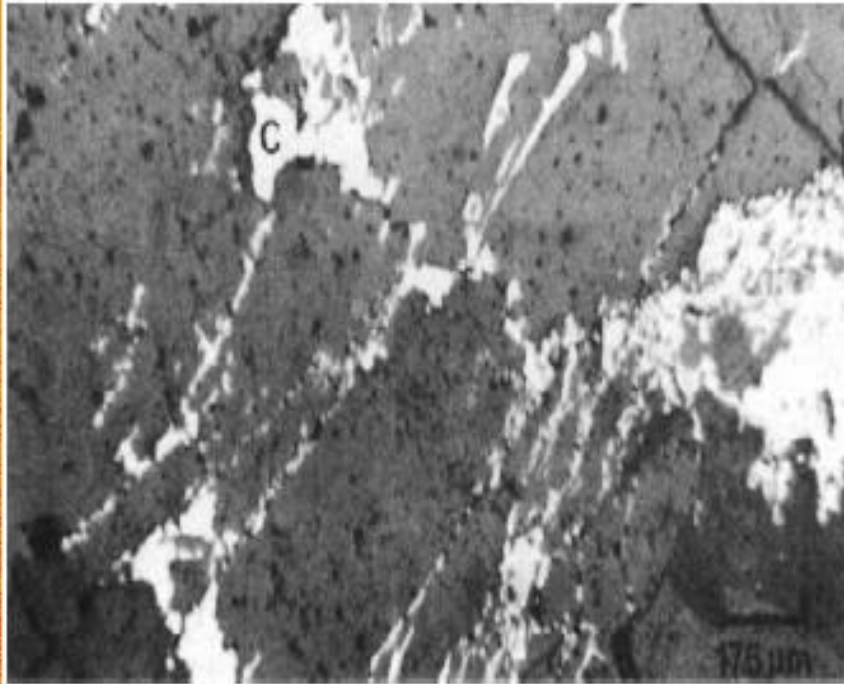


$$\text{درجه آزادی} = 16/16 * 100 = \%100$$

□ تعیین درجه آزادی

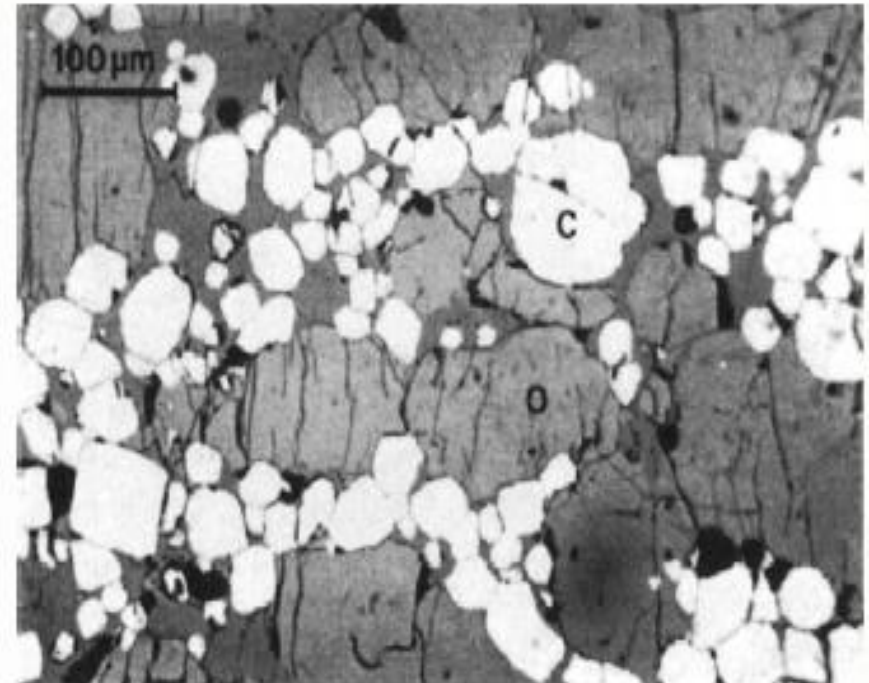
- ✓ معمول ترین روش تعیین درجه آزادی از طریق مطالعات میکروسکپی می باشد.
- ✓ نمونه خرد شده تحت مطالعات میکروسکپی قرار گرفته و دانه های حاوی کانی با ارزش به تفکیک دانه های آزاد و درگیر شمارش می شوند.
- ✓ برای مطالعه دقیق تر برای کانی های کدر، با قرار دادن ذرات خرد شده در مواد پلاستیکی (مانند پودر سیلیکون) و سپس تهیه مقطع صیقلی از آن و برای کانی های نازک با تهیه مقاطع نازک، می توان آنها را آماده کرد و توسط میکروسکپ مطالعه نمود.
- ✓ با پیشرفت تکنولوژی، با استفاده از روش "آنالیز تصویر" می توان تشخیص و شمارش ذرات را بطور اتوماتیک انجام داد.

❖ اندازه کانی با ارزش، نحوه قرار گرفتن کانی با ارزش و گانگ و مقاومت نسبی کانی با ارزش و گانگ بر اندازه بهینه خردایش به منظور دستیابی به درجه آزادی مناسب تاثیر گذار می باشد.



کانه مس پورفیری

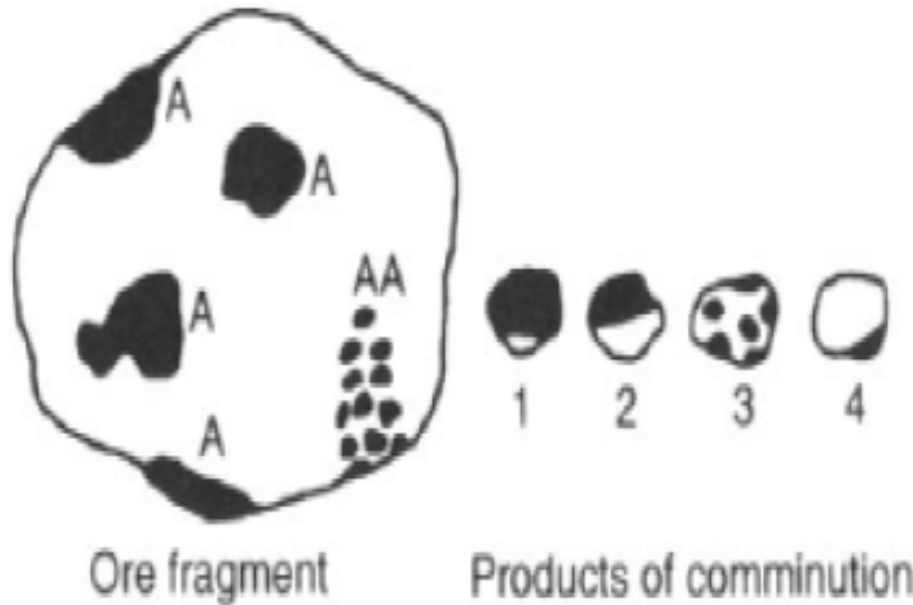
C: کالکوپیریت (CuFeS_2) کانی با ارزش، Q: کوارتز (SiO_2) گانگ



کانه کرومیت

C: کرومیت (FeCr_2O_4) کانی با ارزش و O: الیون
گانگ ($[\text{Mg,Fe}]_2\text{SiO}_4$) کانی گانگ

✓ در شکل مقابل مقطع یک سنگ معدن نشان داده شده است. مناطق A کاملاً از کانی با ارزش تشکیل شده و منطقه AA غنی از کانی با ارزش می باشد که بطور گسترده در کانی باطله پراکنده شده است.



✓ در طی فرآیند نرم کنی، محدوده ای از ذرات کانی کاملاً آزاد تا ذرات باطله آزاد تولید می شود.

✓ ذرات نوع ۱، غنی از کانی با ارزش بوده و به کنسانتره راه می یابند، هرچند که قفل شدگی کمی دارند.

✓ ذرات نوع ۴ که به باطله راه می یابند، به دلیل داشتن مقداری کانی با ارزش سبب کاهش بازیابی می شوند.

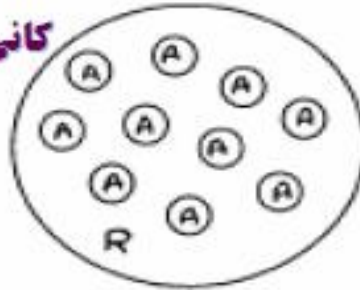
✓ ذرات نوع ۲ و ۳ ذرات میانی (قفل شده) می باشند.

➔ نکته:

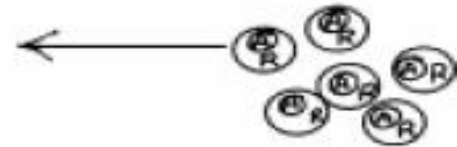
✓ از نظر عملیات آزادسازی و جداسازی مطلوب ترین نوع قفل شدگی این است که ذرات ماده با ارزش و گانگ با هم یک سطح مشترک داشته باشند. نامطلوب ترین قفل شدگی وجود چند سطح مشترک بین کانی های با ارزش و گانگ می باشد.

مقطعی از ذرات کانسنگ

کانی با ارزش (A) در ماتریکس
سنگی (R)



آزاد سازی



ذرات قفل شده

(A): کانی با ارزش آزاد شده
(B): گانگ آزاد شده
(A-R): ذرات قفل شده



باطله (B)

کنسانتره (A)

به سمت مراحل
استحصال فلز



بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

مبانی کانه آرایى

(محاسبات متالورژىكى)

دكتور سید محمد رضویان
عضو هیات علمی دانشگاه کاشان

□ شاخص های ارزیابی عملیات جدایش

❖ عیار (Grade)

$$\text{عیار (\%)} = \frac{\text{وزن فلز در ماده معدنی}}{\text{وزن کل ماده معدنی}} * 100$$

❖ بازیابی (Recovery)

$$\text{بازیابی (\%)} = \frac{\text{وزن فلز در کنسانتره}}{\text{وزن فلز در خوراک}} * 100$$

❖ نسبت پرعیار شونده گی (Ratio of Concentration)

$$\text{C.R.} = \frac{\text{وزن خوراک}}{\text{وزن کنسانتره}}$$

❖ نسبت غنی شونده گی (تغلیظ) (Enrichment Ratio)

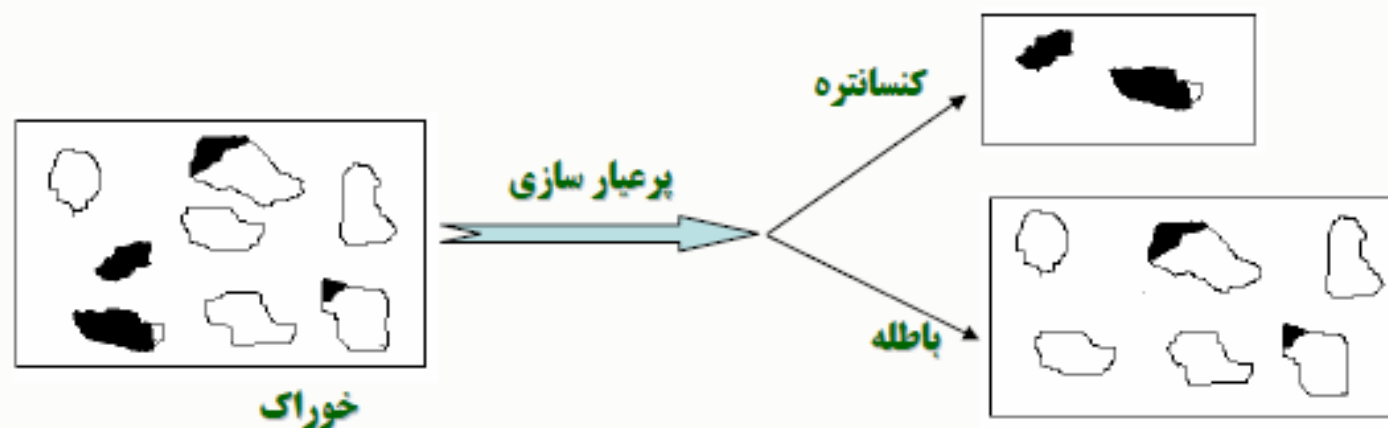
$$\text{E.R.} = \frac{\text{عیار کنسانتره}}{\text{عیار خوراک}}$$

❖ بازیابی وزنی (Weight Recovery)

$$R_w = \frac{\text{وزن کنسانتره}}{\text{وزن خوراک}} * 100$$

مثال ↘

فرض کنید که سنگ معدنی که از یک کانی با ارزش و گانگ تشکیل شده است، دارای وزن ۱۰۰ واحد باشد. اگر وزن کنسانتره حاصل از عملیات جدایش ۲۵ گرم (۲۰ گرم کانی با ارزش و ۵ گرم گانگ) و وزن باطله ۷۵ گرم باشد (۶۵ گرم گانگ و ۱۰ گرم کانی با ارزش)، عیار کنسانتره و بازیابی را محاسبه کنید.



$$\text{عیار کنسانتره (\%)} = \frac{\text{وزن فلز در کنسانتره}}{\text{وزن کنسانتره}} * 100 = (20/25) * 100 = 80\%$$

$$\text{بازیابی (\%)} = \frac{\text{وزن فلز در کنسانتره}}{\text{وزن فلز در خوراک}} * 100 = (20/30) * 100 = 66.7\%$$

مثال ↴

از بررسی های به عمل آمده مشخص شده است که از هر تن سنگ ورودی به کارخانه فرآوری، بطور متوسط ۱۵۰ کیلوگرم به کنسانتره راه می یابد که ۴۰ کیلوگرم آن گانگ می باشد. با توجه به نمونه برداری های انجام شده، در حدود ۲۰ کیلوگرم از باطله را مواد با ارزش تشکیل می دهد. در صورتیکه عیار ماده با ارزش در خوراک ۱۳٪ باشد، عیار کنسانتره، عیار باطله، بازیابی، نسبت پرعیار شوندگی و نسبت تغلیظ را محاسبه کنید.

$$\text{عیار کنسانتره (\%)} = \frac{\text{وزن فلز در کنسانتره}}{\text{وزن کنسانتره}} * 100 = (110/150) * 100 = 73.3\%$$

$$\text{عیار باطله (\%)} = \frac{\text{وزن فلز در باطله}}{\text{وزن باطله}} * 100 = (20/850) * 100 = 2.3\%$$


$$\text{بازیابی (\%)} = \frac{\text{وزن فلز در کنسانتره}}{\text{وزن فلز در خوراک}} * 100 = (110/130) * 100 = 84.6\%$$

$$\text{C.R.} = \frac{F}{C} = 1000/150 = 6.67$$

$$\text{E.R.} = \frac{c}{f} = 73.33/13 = 5.64$$

مثال ↴

یک ماده معدنی فقط از کانی کالکوپیریت (CuFeS_2) تشکیل شده است. حداکثر عیار تئوری مس در محصول پرعیار شده را محاسبه کنید. (وزن اتمی Cu: ۶۴، وزن اتمی Fe: ۵۶، وزن اتمی S: ۳۲)

<u>CuFeS_2</u>	<u>Cu</u>
$64 + 56 + 2(32) = 184$	64
100	m
	$m = 34.78\%$

مثال ↗

حداکثر عیار قابل دسترس (m) را برای کانه ای که از سه کانی با ارزش کالکوسیت (Cu_2S)، کوولیت (CuS) و کالکوپیریت (CuFeS_2) به نسبت وزنی ۶۰، ۳۰ و ۱۰ تشکیل شده است را محاسبه کنید. (وزن اتمی Cu: ۶۴، وزن اتمی Fe: ۵۶، وزن اتمی S: ۳۲)

$$\begin{array}{r} \text{Cu}_2\text{S} \\ \hline 2 \cdot 64 + 32 = 160 \\ 100 \end{array} \qquad \begin{array}{r} \text{Cu} \\ \hline 64 \\ m_1 \end{array} \longrightarrow m_1 = 80\%$$

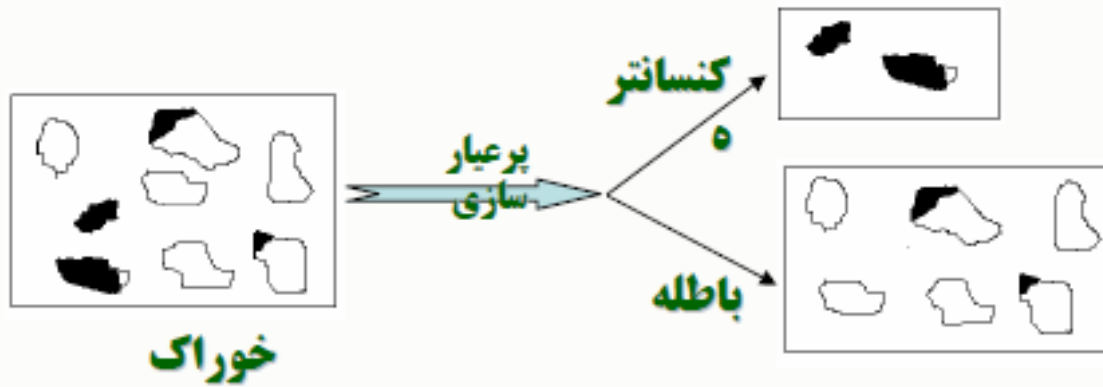
$$\begin{array}{r} \text{CuS} \\ \hline 64 + 32 = 96 \\ 100 \end{array} \qquad \begin{array}{r} \text{Cu} \\ \hline 64 \\ m_2 \end{array} \longrightarrow m_2 = 66.7\%$$

$$\begin{array}{r} \text{CuFeS}_2 \\ \hline 64 + 56 + 2(32) = 184 \\ 100 \end{array} \qquad \begin{array}{r} \text{Cu} \\ \hline 64 \\ m_3 \end{array} \longrightarrow m_2 = 34.78\%$$



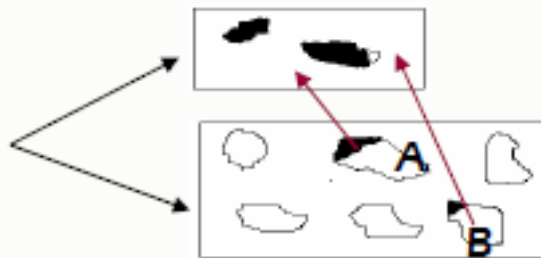
$$m_t = 0.6 \cdot 80 + 0.3 \cdot 66.7 + 0.1 \cdot 34.8 = 71.49\%$$

□ رابطه بین عیار و بازیابی



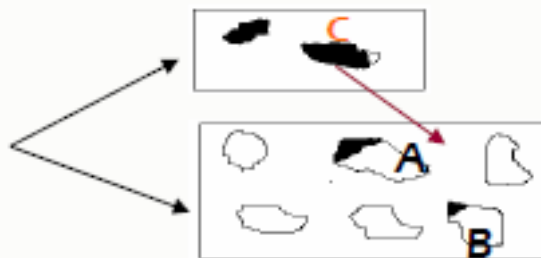
حالت اول: افزایش بازیابی

✓ برای افزایش بازیابی باید تا حد امکان ذرات با ارزش (مثل ذره A و B) به کنسانتره منتقل شوند. این افزایش بازیابی منجر به کاهش عیار کنسانتره خواهد شد.

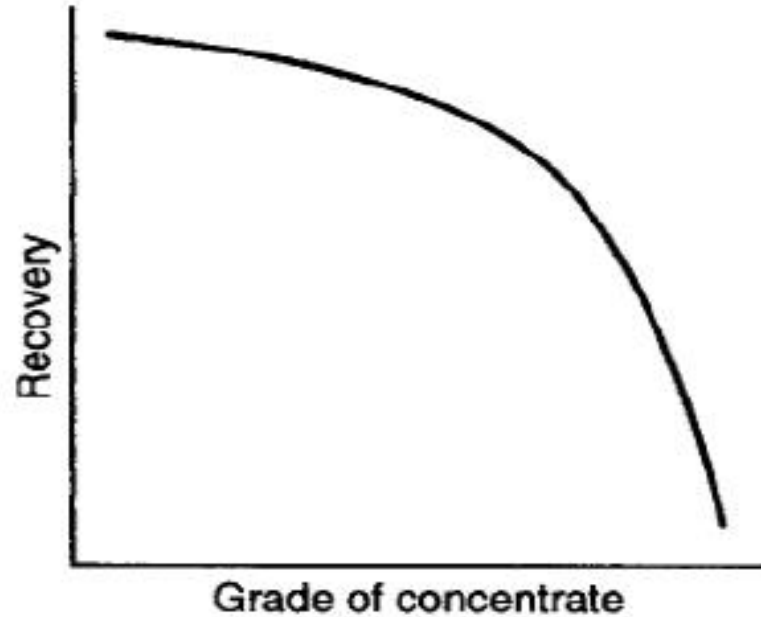


حالت دوم: افزایش عیار

✓ برای افزایش عیار باید حتی الامکان ذرات با ارزش قفل شده (C) از کنسانتره به باطله منتقل شود که طبعاً با کاهش بازیابی همراه خواهد بود.



➤ در تمام فرآیندهای پرعیار کنی، رابطه بین عیار و بازیابی عکس یکدیگر می باشند.



رابطه بین عیار و بازیابی

➤ استفاده از عیار و بازیابی بطور همزمان معمول ترین روش ارزیابی متالورژیکی می باشد.

➤ در عملیات کانه آرایبی، بالا نگه داشتن همزمان عیار و بازیابی هدف اصلی می باشد.

□ بازدهی جدایش (S.E.) (Separation Efficiency)

$$\text{Separation efficiency (S.E.)} = R_m - R_g$$

R_m : درصد بازیابی کانی با ارزش

R_g : درصد بازیابی گانگ به کنسانتره

فرضی میکنیم که عیار خوراک $f\%$ ، عیار کنسانتره $c\%$ و عیار باطله $t\%$ باشد.

$$\% R_m = \frac{\text{وزن فلز در کنسانتره}}{\text{وزن فلز در خوراک}} * 100 \quad \longrightarrow \quad \% R_m = \frac{C c}{F f} * 100$$

اگر وزن خوراک ورودی (F) برابر با واحد در نظر گرفته شود، خواهیم داشت:

$$R_m = \frac{100 C c}{f} \quad (1)$$


در رابطه فوق C وزن کنسانتره و c و f به ترتیب عیار کنسانتره و خوراک می باشد.

$$\% R_g = \frac{\text{وزن گانگ در کنسانتره}}{\text{وزن گانگ در خوراک}} * 100 = \frac{\text{عیار گانگ در کنسانتره} * \text{وزن کنسانتره}}{\text{عیار گانگ در خوراک} * \text{وزن خوراک}} * 100$$

m : حداکثر عیار قابل دسترس فلز با ارزش = عیار گانگ در کنسانتره (%) = $100 (1 - (c/m))$

(%) عیار گانگ در خوراک = $100 (1 - (f/m))$

اگر وزن خوراک ورودی (F) برابر با واحد در نظر گرفته شود، خواهیم داشت:



$$R_g = \frac{100C(m - c)}{(m - f)} \quad (۷)$$

با توجه به روابط ۱ و ۲ کارایی جدایش محاسبه می شود.

$$\begin{aligned} \text{Separation efficiency (S.E.)} = Rm - Rg &= \frac{100Cc}{f} - \left[\frac{100C(m - c)}{(m - f)} \right] \\ &= \frac{100Cm(c - f)}{(m - f)f} \end{aligned}$$

مثال

با توجه به اطلاعات زیر کدام عملیات از نظر متالورژیکی برتر می باشد.

وزن کنسانتره (g)		وزن باطله (g)		عملیات
وزن ماده با ارزش	وزن گانگ	وزن ماده با ارزش	وزن گانگ	
55	10	5	180	1
49	4	11	186	2

$$S.E. = R_m - R_g$$

$$R_{m1} = (55/60) * 100 = 91.67\%$$

$$R_{m2} = (49/60) * 100 = 81.6\%$$

$$R_{g1} = (10/190) * 100 = 5.26\%$$

$$R_{g2} = (4/190) * 100 = 2.1\%$$


$$S.E._1 = 91.67 - 5.26 = 86.41\%$$

$$S.E._2 = 81.6 - 2.1 = 79.56\%$$

عملیات ۱ از نظر متالورژیکی بهتر است.

مثال ↗

فرض کنید که خوراک کارخانه فرآوری مس سرچشمه دارای مس با عیار ۹/۰ درصد باشد سه ترکیب عیار و بازیابی زیر وجود دارد:

(۱) ۳۱٪ مس با بازیابی ۷۴٪ (۲) ۲۷٪ مس با بازیابی ۸۳٪ (۳) ۲۴٪ مس با بازیابی ۸۵٪

کدام ترکیب عیار و بازیابی، بالاترین بازیابی متالورژیکی را دارد؟ کانی اصلی تامین کننده مس کالکوسیت Cu_2S می باشد. (S:32 و Cu:64)

$$\text{S.E.} = \frac{100Cm(c-f)}{(m-f)f} \quad (1)$$

$$m(\text{Cu}_2\text{S}) = 80\%$$

$$Rm = \frac{100Cc}{f} \quad \longrightarrow \quad 74 = 100 * [(C_1 * 31) / 0.9] \quad \longrightarrow \quad C_1 = 0.0215$$

بطور مشابه برای عملیات های ۲ و ۳ خواهیم داشت:

$$C_2 = 0.0277, C_3 = 0.0319$$

با توجه به رابطه ۱، کارایی جدایش برای سه عملیات بدست می آید:

$$\text{S.E.}_1 = 72.72\%$$

$$\text{S.E.}_2 = 81.24\%$$

$$\text{S.E.}_3 = 82.81\%$$

با توجه به نتایج، گزینه ۳ از نظر متالورژیکی بهتر است.

مثال

عیار سنگ معدن ورودی کارخانه پرعیارکنی مس ۱/۲٪ می باشد. بررسی های کانی شناسی نشان می دهد که سنگ معدن ورودی از دو کانی با ارزش کالکوپیریت (CuFeS_2) و کالکوسیت (Cu_2S)، با نسبت وزنی ۳ به ۲ تشکیل شده است. اگر عیار کنسانتره مس ۳۰٪ و بازیابی ۸۷٪ باشد، بازدهی جدایش را محاسبه کنید. (وزن اتمی Cu: ۶۴، وزن اتمی Fe: ۵۶، وزن اتمی S: ۳۲)

$$S.E. = \frac{100Cm(c-f)}{(m-f)f}$$

$$m(\text{Cu}_2\text{S}) = 80\%$$

$$m(\text{CuFeS}_2) = 34.78\%$$



$$m_t = 0.6 * 34.78 + 0.4 * 80 = 52.87\%$$

$$Rm = \frac{100Cc}{f}$$

$$87 = 100 * [(C * 30) / 1.2]$$



$$C = 0.0348$$

$$S.E. = \frac{0.0348 * 52.87 * (30 - 1.2) * 100}{(52.87 - 1.2) * 1.2} = 85.46\%$$

مثال

یک کارخانه کانه آرایبی خوراکی را که دارای سرب و روی است، پرعیار می کند. خوراک اولیه ۳٪ سرب و ۲٪ روی دارد. اگر کانی تامین کننده سرب و روی به ترتیب گالن (PbS) و اسفالریت (ZnS) باشد، کدام ترکیب عیار و بازیابی زیر دارای بالاترین کارایی متالورژیکی است. (Pb=207، S=32، Zn=65)

روی		سرب		عملیات
بازیابی (%)	عیار (%)	بازیابی (%)	عیار (%)	
85	50	80	70	1
84	48	83	65	2

عملیات اول:

$$m(\text{PbS}) = 86.6\% \quad 80 = 100 * [(C_1 * 70) / 3] \Rightarrow C_1 = 0.0348$$

$$S.E.1 = \frac{0.0343 * 86.6 * (70 - 3) * 100}{(86.6 - 3) * 3} = 79.35\%$$

گالن

$$m(\text{ZnS}) = 67\% \quad 85 = 100 * [(C_2 * 50) / 2] \Rightarrow C_2 = 0.034$$

$$S.E.2 = \frac{0.034 * 67 * (50 - 2) * 100}{(67 - 2) * 2} = 84.11\%$$

اسفالریت

$$\text{کارایی جدایش متوسط عملیات ۱} = (79.35 + 84.11) / 2 = 81.73\%$$

عملیات دوم:

$$83 = 100 * [(C_1 * 65) / 3] \longrightarrow C_1 = 0.0383$$

کالن

$$S.E.1 = \frac{0.0383 * 86.6 * (65 - 3) * 100}{(86.6 - 3) * 3} = 81.99\%$$

$$84 = 100 * [(C_2 * 48) / 2] \longrightarrow C_2 = 0.035$$

اسفالریت

$$S.E.2 = \frac{0.035 * 67 * (48 - 2) * 100}{(67 - 2) * 2} = 82.98\%$$

$$\text{کارایی جدایش متوسط} = (81.99 + 82.98) / 2 = 82.48\%$$

عملیات ۲

با توجه به نتایج، عملیات ۲ از نظر متالورژیکی بهتر است.

□ بازدهی جدایش و بهترین حالت اقتصادی

✓ از آنجاییکه در عملیات کانه آرایی هدف بالا بردن ارزش اقتصادی کانه می باشد، اهمیت رابطه عیار و بازیابی در فراهم کردن ترکیبی است که بالاترین سود را در فرآوری هر تن کانه به همراه دارد.

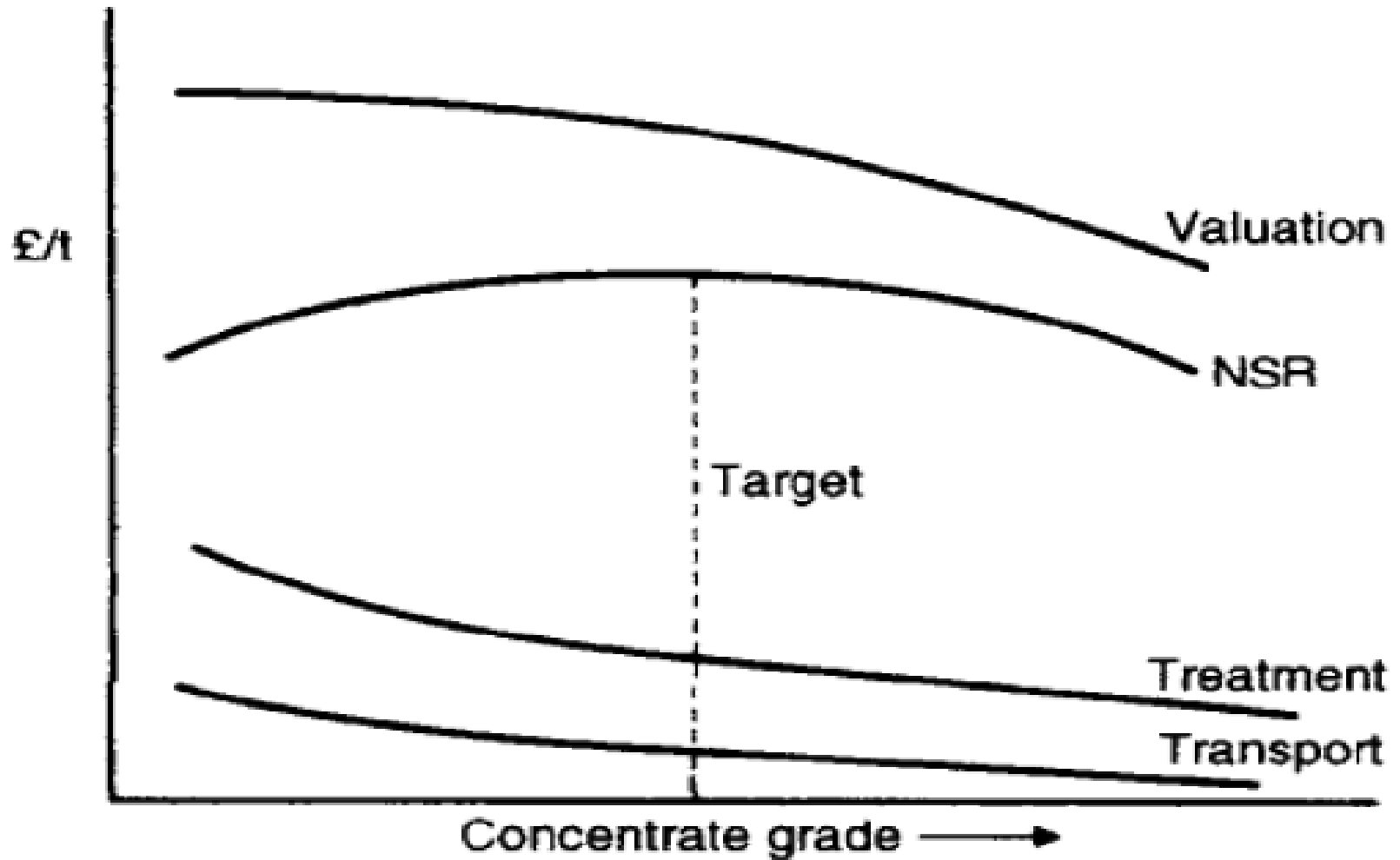
✓ عوامل موثر در این امر، قیمت روز فلز، هزینه حمل و نقل به کارخانه ذوب و هزینه ذوب می باشد.

✓ برای هر ترکیب عیار-بازیابی، بازده خالص از کارخانه ذوب (Net Smelter Return; NSR) از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$\text{NSR} = \text{هزینه ها} - \text{ارزش فلز تولید شده}$$

✓ برای آنکه عملیات اقتصادی باشد باید شرط زیر برقرار باشد:

$$\text{NSR} \geq 0$$



تغییرات ارزش فلز (پرداخت) و هزینه ها به ازای عیارهای مختلف

مثال

کارخانه ای خوراک قلع با عیار ۱٪ را فرآوری می کند. سه ترکیب عیار و بازیابی زیر وجود دارد:

(۱) ۶۳٪ قلع با بازیابی ۶۲٪ (۲) ۴۲٪ قلع با بازیابی ۷۲٪ (۳) ۲۱٪ قلع با بازیابی ۷۸٪

اگر هزینه حمل و نقل به کارخانه ذوب ۲۰ دلار و هزینه ذوب ۳۸۵ دلار بر هر تن کنسانتره خشک باشد و قیمت قلع ۸۵۰۰ دلار بر تن در نظر گرفته شود، کدام فرآیند اقتصادی تر می باشد؟

عملیات اول:

$$Rm = \frac{100Cc}{f} \longrightarrow 62 = 100 * [(C*63)/ 1] \longrightarrow C = 0.009841$$

اگر وزن خوراک ۱ تن فرض شود، وزن کنسانتره ۰.۰۰۹۸۴۱ خواهد بود، بنابراین:

$$NSR = [(0.009841 * 0.63 * 8500)] - (0.009841 * 385) - (0.009841 * 20) = 48.71 \$$$

با تکرار محاسبات فوق برای حالت های ۲ و ۳ خواهیم داشت:

عملیات	NSR(\$)
1	47.87
2	52.79
3	48.1

با توجه به نتایج، عملیات ۲ اقتصادی تر است.

مثال ↘

حداکثر بازده خالص از کارخانه ذوب را برای کارخانه فرآوری سنگ معدن سرب (گانی تامین کننده گالن (PbS) با عیار ۵٪ و شرایط زیر را تعیین کنید. (S=32، Pb=207)

قیمت سرب: ۷۰۰ دلار بر تن
هزینه ذوب کنسانتره: ۲۱۰ دلار بر تن

هزینه حمل: ۱۰ دلار بر هر تن کنسانتره

حداکثر NSR زمانی بدست می آید که عیار کنسانتره برابر با حداکثر عیار در دسترس (m) باشد.

$$m(\text{PbS}) = 86.6\%$$

$$Rm = \frac{100Cc}{f} \longrightarrow 100 = 100 * [(C * 86.6) / 5] \longrightarrow C = 0.0577$$

اگر وزن خوراک 1 تن فرض شود، وزن کنسانتره 0.0577 خواهد بود، بنابراین:

$$NSR = \frac{[(0.0577 * 0.866 * 700)]}{\text{ارزش فلز}} - \frac{(0.0577 * 210)}{\text{هزینه ها}} - (0.0577 * 10) = 22.28 \$$$

ارزش فلز

هزینه ها

مثال ↘

در مثال قبل، اگر ارزش گذاری فلز به این شکل باشد که پرداختی معادل با ۹۵٪ ارزش فلز انجام شود، حداکثر بازده خالص از کارخانه ذوب چه مقدار تغییر می کند؟

$$NSR = \frac{[(0.0577 * 0.866 * 700)] * 0.95}{\text{ارزش فلز}} - \frac{(0.0577 * 210)}{\text{هزینه ها}} - (0.0577 * 10) = 20.53 \$$$

□ بازدهی اقتصادی

بازدهی اقتصادی از طریق محاسبه بازده خالص از هر تن گانه در شرایط واقعی نسبت به حالت ایده آل (جدایش کامل گانی با ارزشی به کنسانتره و گانگ به باطله) محاسبه می شود.

$$\text{بازدهی اقتصادی} = \frac{\text{NSR واقعی}}{\text{NSR ایده آل}} * 100$$

➔ مثال

بازدهی اقتصادی را برای یک کارخانه فرآوری مواد معدنی که خوراکی با عیار ۶٪ سرب را به عیار ۷۸٪ با بازیابی ۸۴٪ می رساند، حساب کنید. هزینه ذوب و حمل و نقل به ترتیب ۱۲۰ و ۱۵ دلار بر تن و قیمت هر تن سرب ۹۰۰ دلار می باشد (گانی تامین کننده سرب، گالن می باشد).

$$84 = 100 * [(C_1 * 78) / 6] \quad \Rightarrow \quad C = 0.0646 \quad \text{حالت واقعی:}$$

$$\text{NSR} = [(0.0646 * 0.78 * 900)] - (0.0646 * 120) - (0.0646 * 15) = 36.63 \$$$

حالت ایده آل:

$$m(\text{PbS}) = 86.6\% , R = 100\% \quad \Rightarrow \quad 100 = 100 * [(C_1 * 86.6) / 6] \quad \Rightarrow \quad C = 0.0693$$

$$\text{NSR} = [(0.0693 * 0.866 * 900)] - (0.0693 * 120) - (0.0693 * 15) = 44.66 \$$$

$$\text{بازدهی اقتصادی} = \frac{\text{NSR واقعی}}{\text{NSR ایده آل}} * 100 \quad \Rightarrow \quad \text{بازدهی اقتصادی} = (36.63 / 44.66) * 100 = 82.02\%$$