بسم الله الرحمن الرحیم

مبانی کانه آرایی

(مقدمه– کانی شناسی– درجه آزادی)

دکترسیدمحمد رضویان

عضو هیات علمی دانشگاه کاشان

شیوه ارزیابی

تمرین: ۳ نمره

گزارش آزمایشگاه: ۵

کوئیزهای کلاسی: ۴ نمره

پایان ترم: ۸ نمره

عناوین

تهیه مواد معدنی Mineral Preparation

تهیه کانه Ore Preparation

آرایش مواد معدنی Mineral Dressing

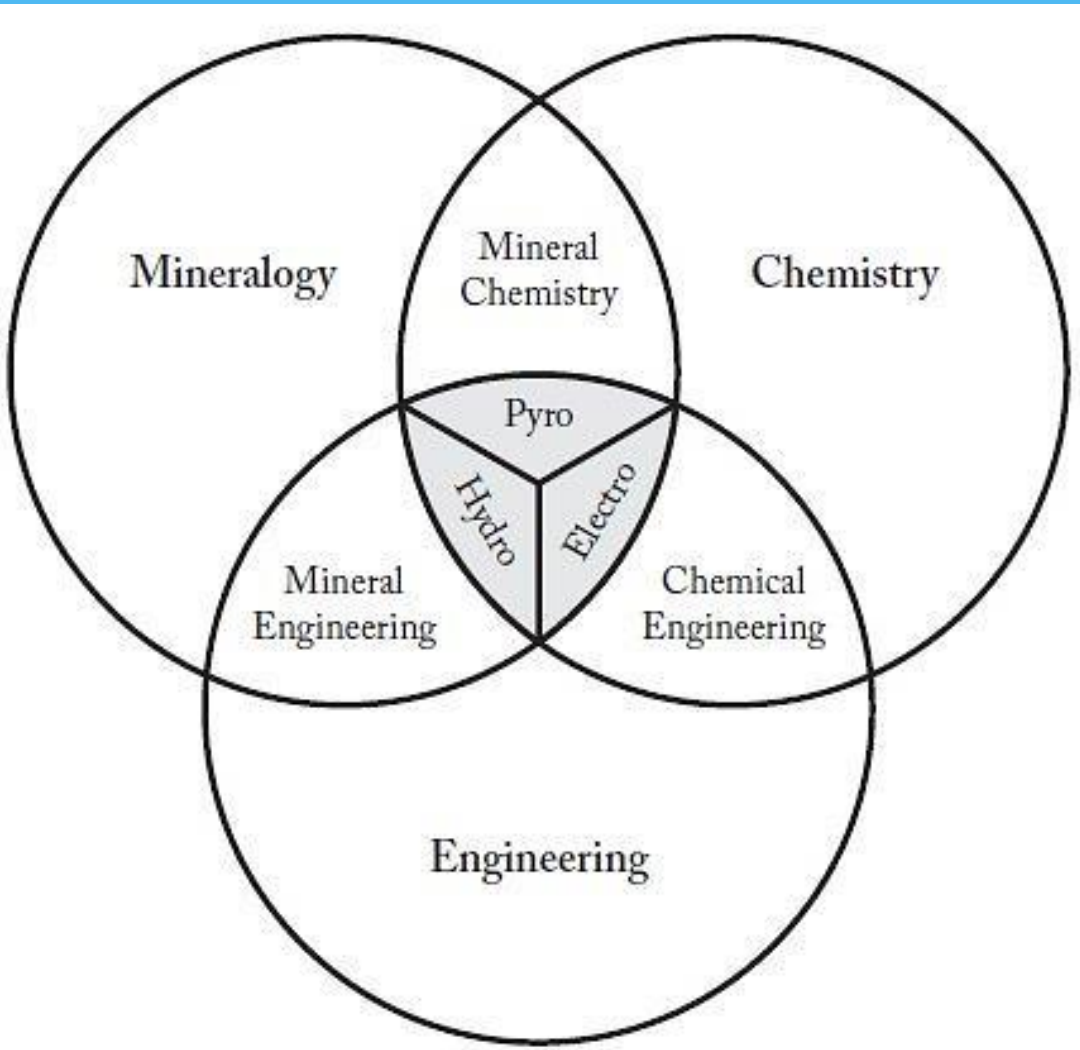
کانه آرایی Ore Dressing

ارزش افزایی کانه Ore Beneficiation

تغلیظ کانه Ore Concentration

فرآوری مواد معدنی Mineral Processing

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 کاسیتریت (اکسید قلع: SnO_2).

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 می‌شود.

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 ...)

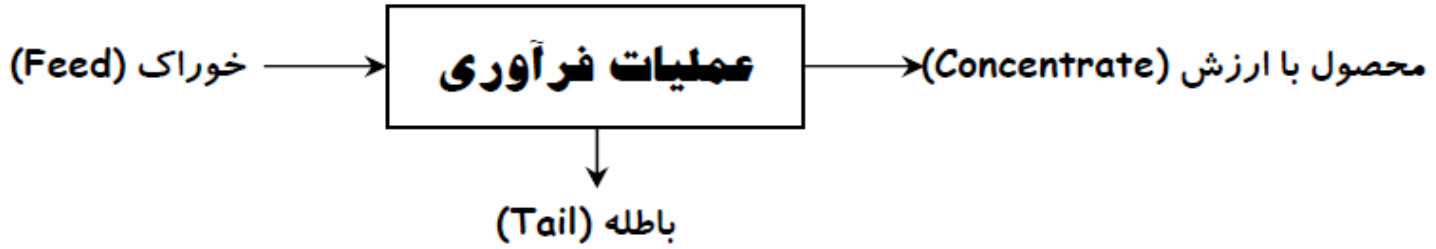
۳) خصوصیات کریستالوگرافی (کوبیک، رومبیک و ...)

- 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 می‌باشد.

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 هزینه‌های استخراج و فرآوری مواد باشد، کانسار به کانه تبدیل می‌شود.

اگر قیمت مس به‌ازای هر تن ۱۲۰۰ پوند و قیمت مولیبدن ۱۵ پوند بر کیلوگرم باشد، ارزش نهفته کانساری که شامل ۱٪ مس و ۰/۰۱۵٪ مولیبدن می‌باشد، چه مقدار خواهد بود؟

حل:

ارزش نهفته = 1200 پوند/تن × 1/100 + 15000 پوند/تن × 0.015/100 = 14.25 پوند/تن

مزایای کانه آرایی:

۱) کاهش هزینه حمل و نقل

۲) کاهش هزینه ذوب (هزینه استخراج فلز)

۳) کاهش اتلاف فلز

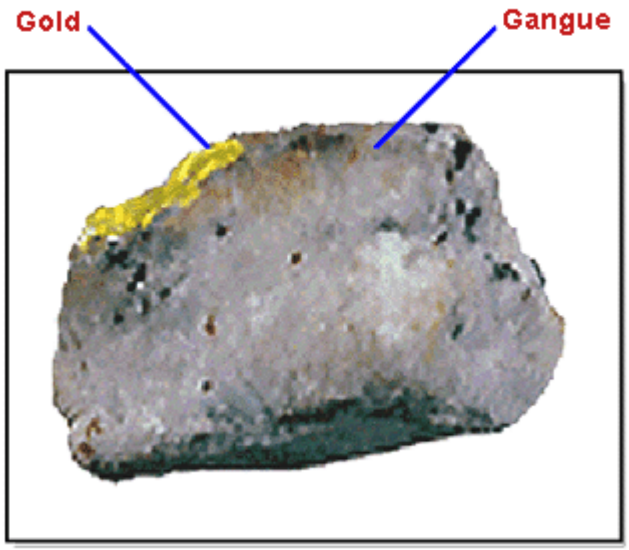
اولین گام اساسی در کانه آرایی:

شناسایی ترکیب کانه

شناسایی کانی ها

- مشاهدات چشمی
- میکروسکوپ نوری (بینوکولار)
- میکروسکوپ الکترونی

مشاهدات چشمی

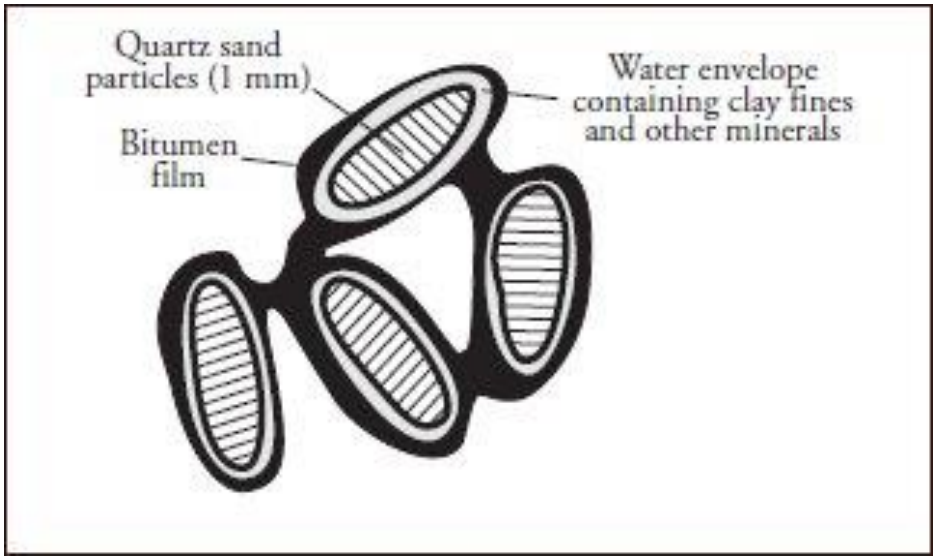


Galena, PbS

Molybdenite, MoS_2

Pyrite, FeS_2

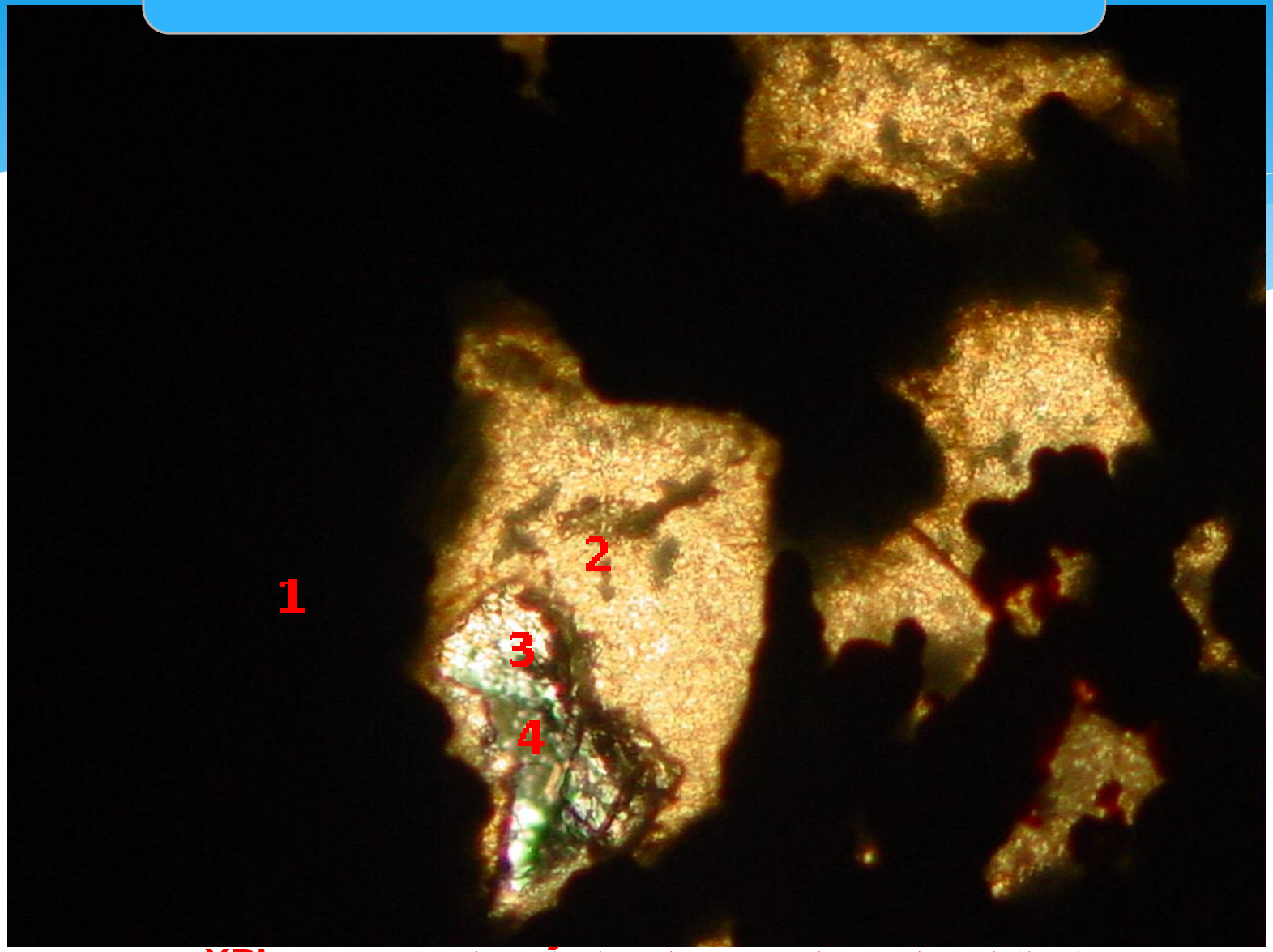
Sphalerite, ZnS



Chalcocite, Cu_2S

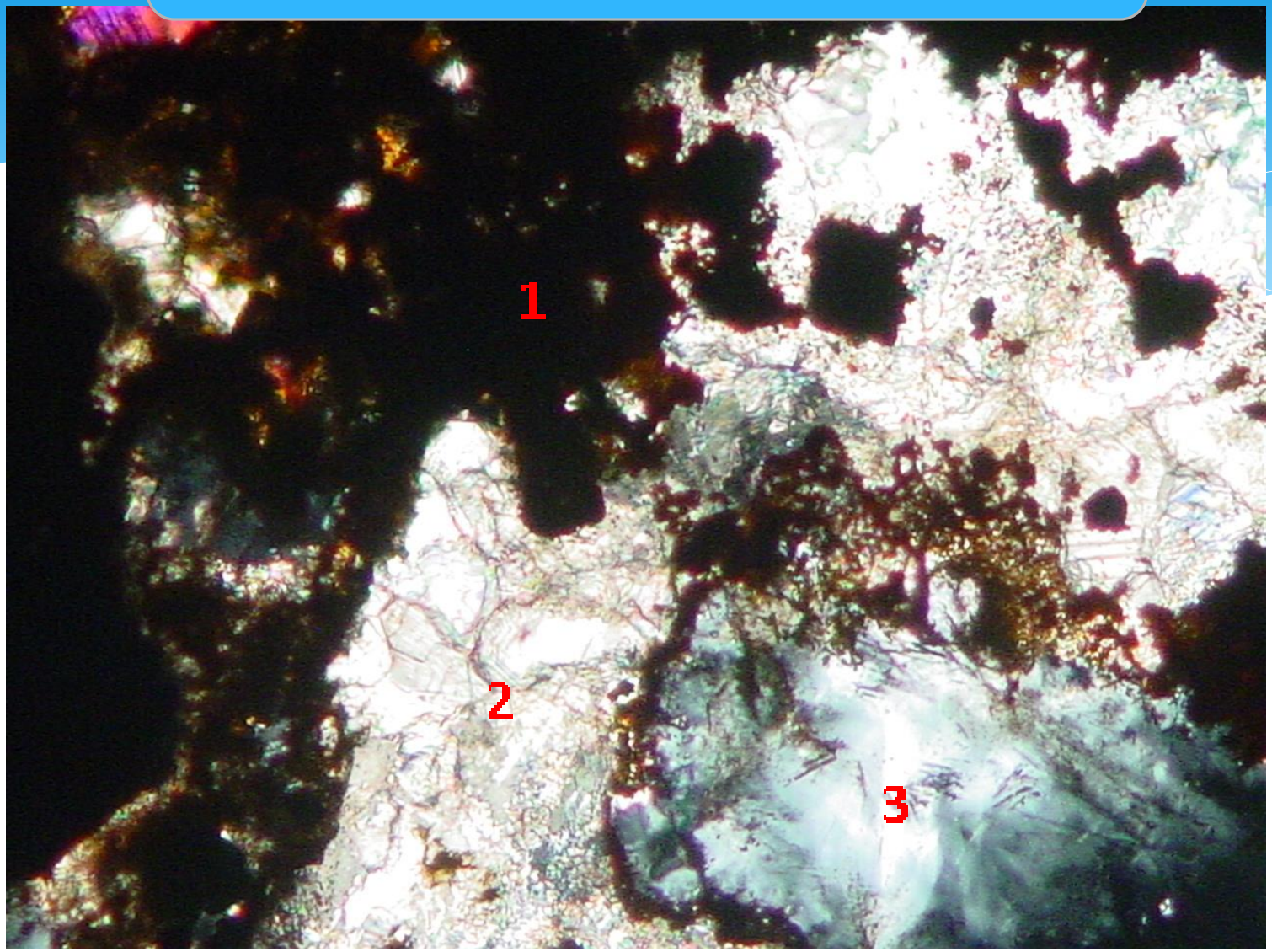
Chalcopyrite, $CuFeS_2$

میکروسکوپ نوری (بینوکولار)



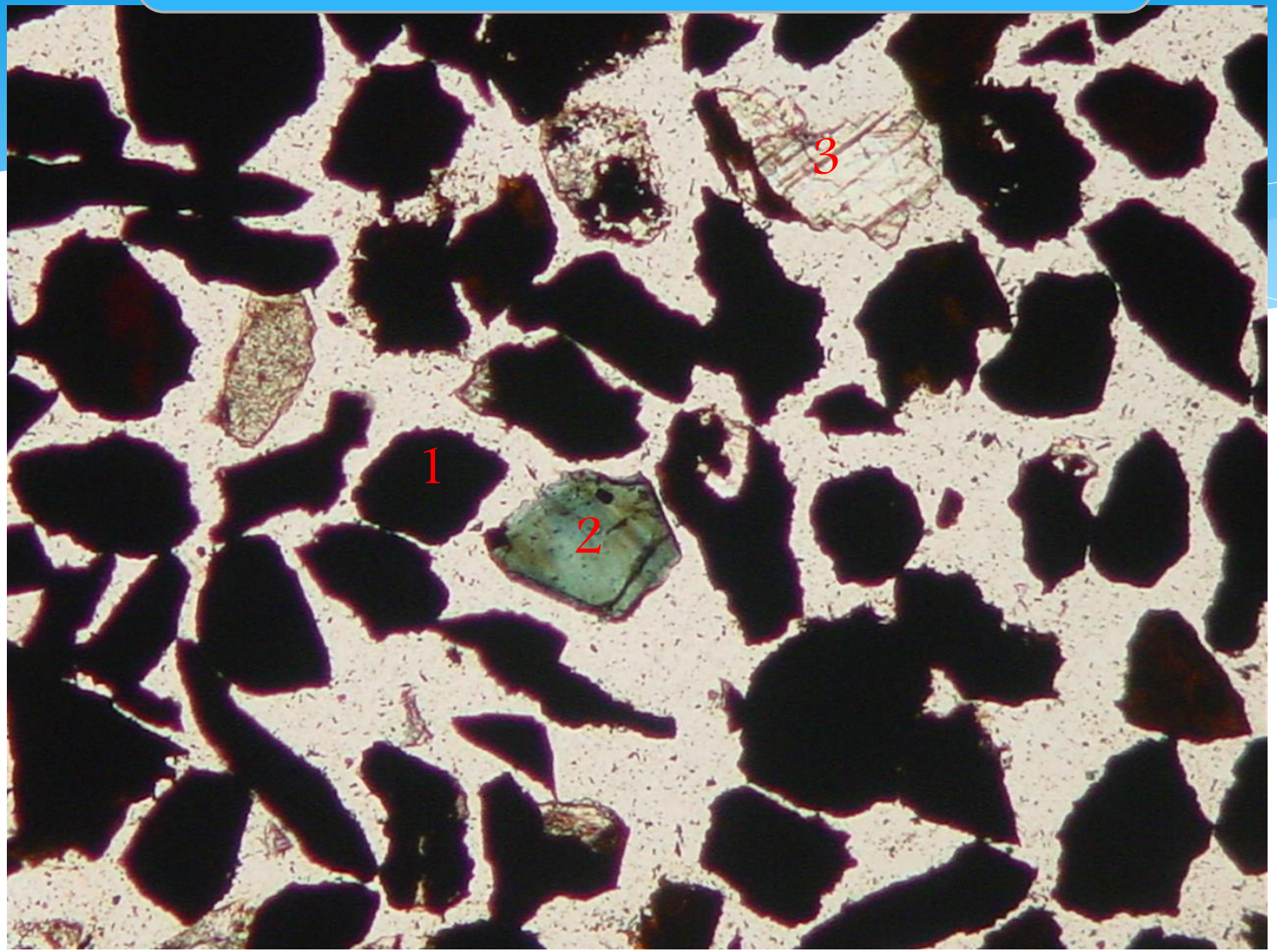
ادخالهای کوارتز و کلسیت در کانی های آهن دار (نور پلاریزه XPL)
۱- کانی های آهن دار۲- کلسیت ۳- کوارتز ۴- کلریت

میکروسکوپ نوری (بینوکولار)



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

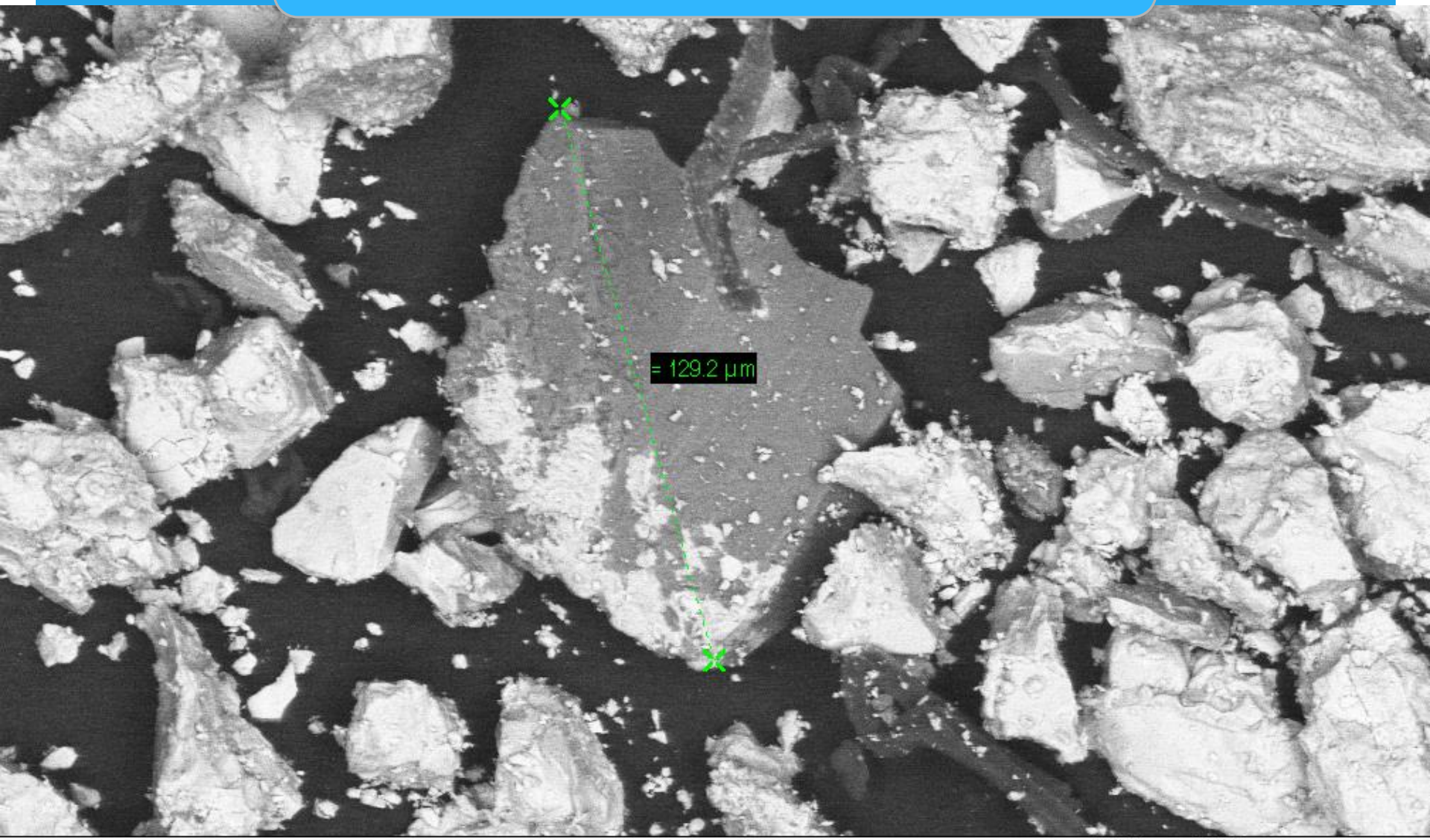
میکروسکوپ نوری (بینوکولار)



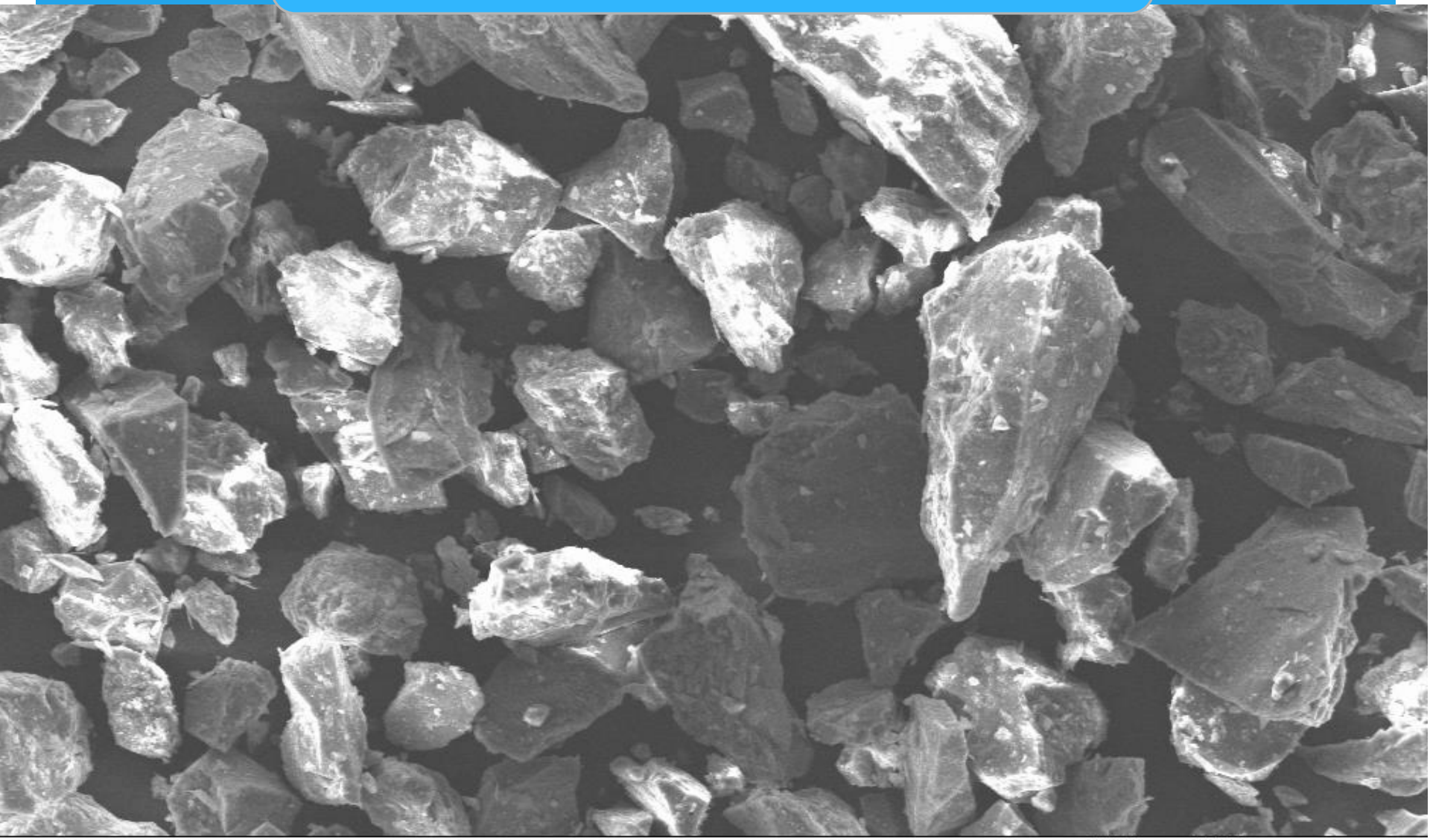
mμ100

تصویر میکروسکوپی از دانه بندی (**(μm)۷۵+۱۵۰-**) (نور عادی **PPL**)
۱- کانی های آهن دار ۲- کلریت ۳- کلسیت

میکروسکوپ الکترونی

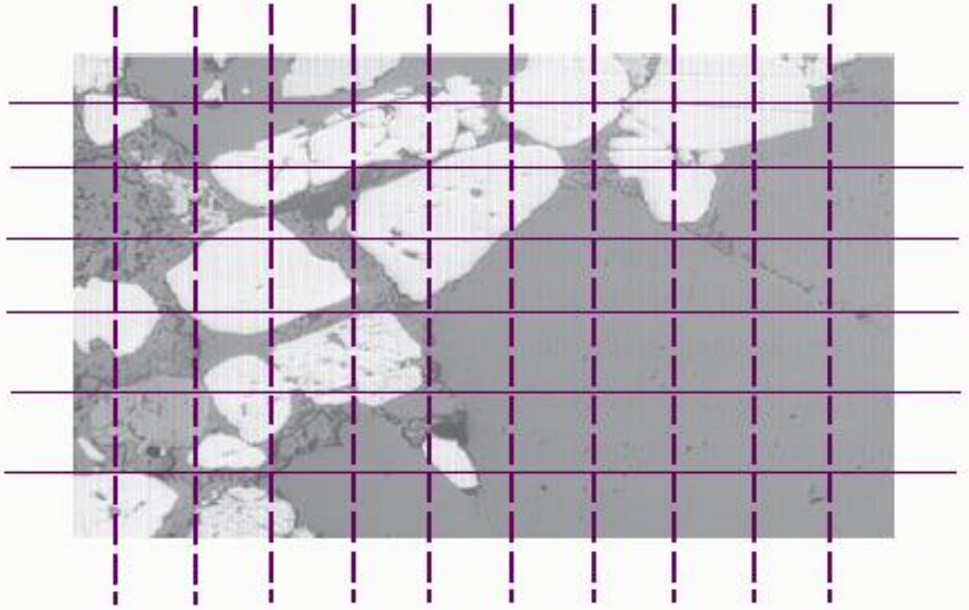


میکروسکوپ الکترونی

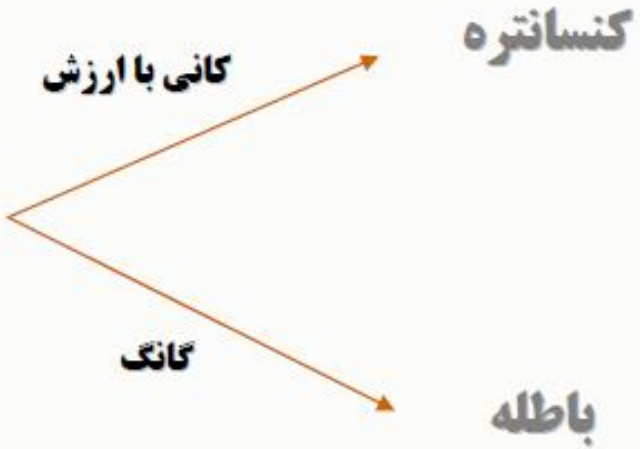


❑ عملیات عمده و اساسی در کانه آرایی

- آزاد سازی (Liberation)
- پر عیارسازی (Concentration)



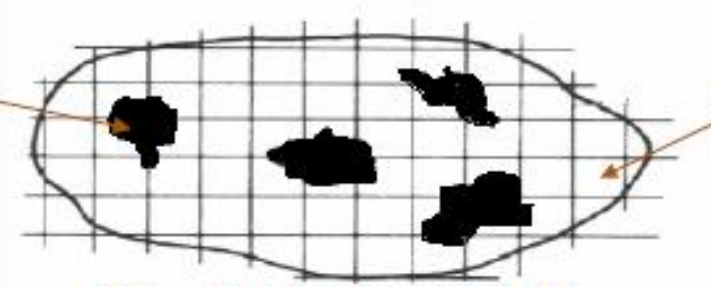
مقطعی از یک سنگ معدنی حاوی کانی با ارزش



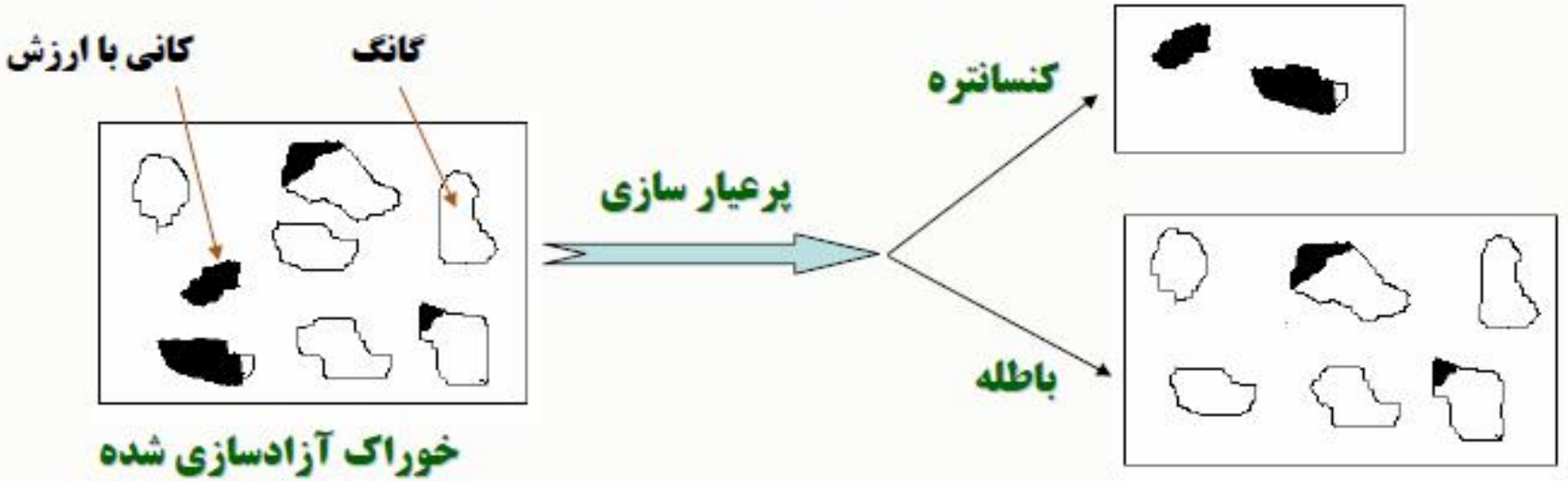
❑ آزاد سازی (*Liberation*)

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

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



قفل شدگی ذرات با ارزش و گانگ



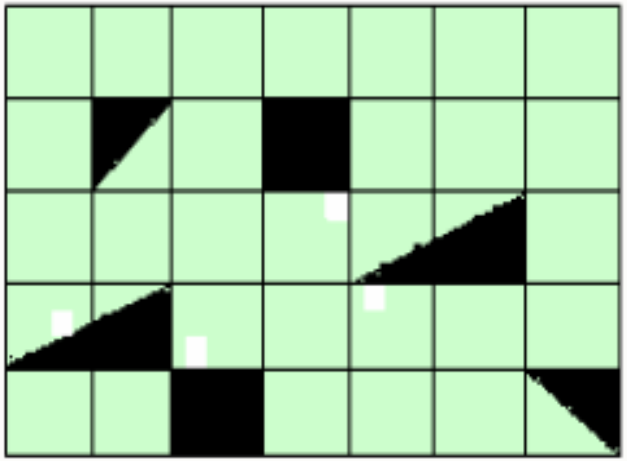
خوراک آزادسازی شده

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.

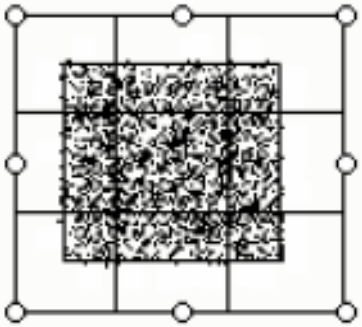


درجه آزادی = (کل کانی با ارزش / کانی با ارزش آزاد) *۱۰۰

=2/5*100 =٪40

مثال

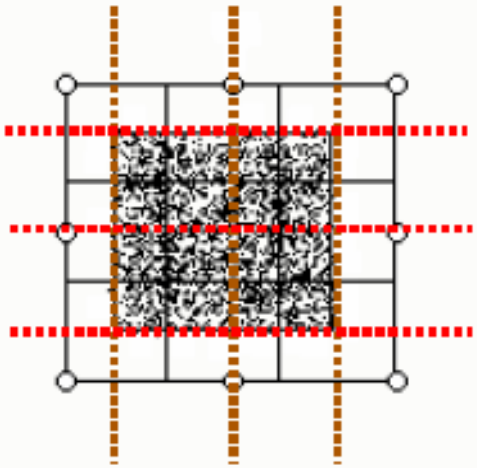
اگر در یک سنگ معدنی کانی با ارزش بصورت مکعبی به ضلع ۲ میلی متر در مرکز سنگ باشد، با فرض اینکه شبکه خردایش منظم و بصورت 1mm*1mm باشد، درجه آزادی کانی با ارزش را محاسبه کنید. اگر شبکه خردایش به 0/5mm*0/5mm کاهش یابد، آیا درجه آزادی تغییر خواهد کرد؟



الف)

درجه آزادی = (کل کانی با ارزش / کانی با ارزش آزاد) *۱۰۰

=1/4 *100 =٪25



ب)

درجه آزادی = 16/16 *100 =٪100

❑ تعیین درجه آزادی

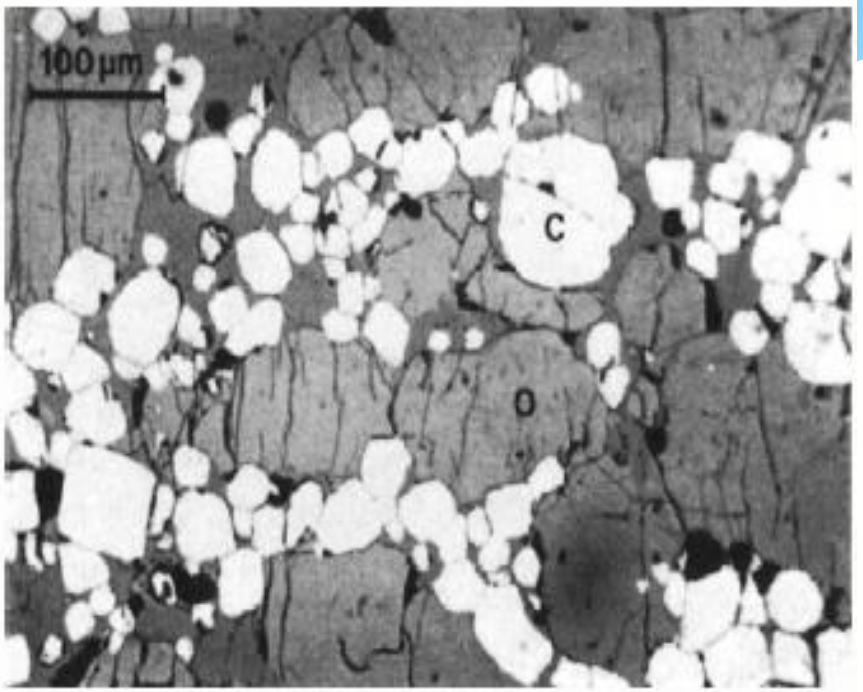
✓ معمول ترین روش تعیین درجه آزادی از طریق مطالعات میکروسکپی می باشد.

✓ 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.

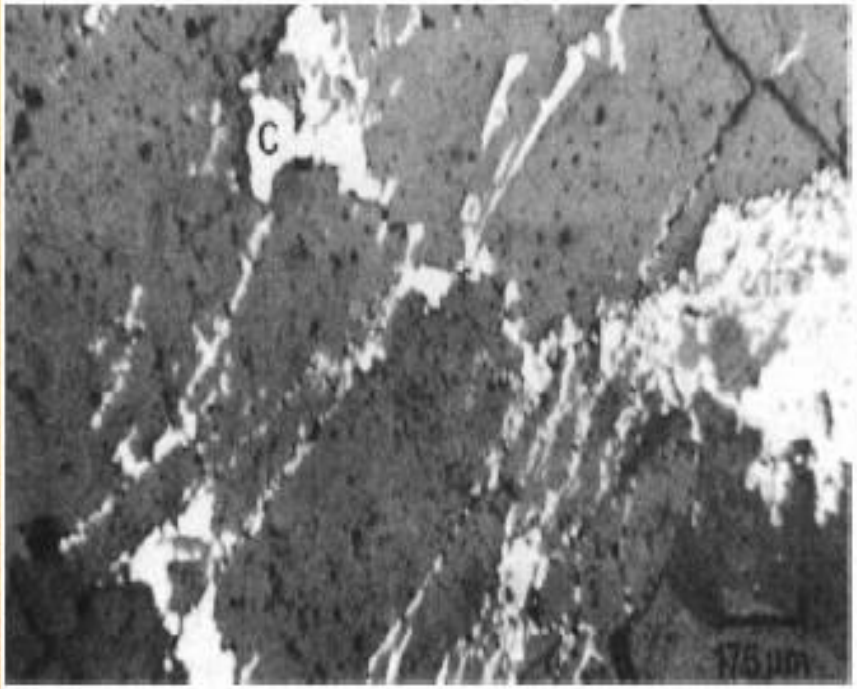
✓ با پیشرفت تکنولوژی، با استفاده از روش "آنالیز تصویر" می توان تشخیص و شمارش ذرات را بطور اتوماتیک انجام داد.

❖ 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 تاثیرگذار می باشد.



کانه کرومیت

C: کرومیت (FeCr2O2) کانی با ارزش و O: الیوین ([Mg,Fe]2SiO4) کانی گانگ



کانه مس پورفیری

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

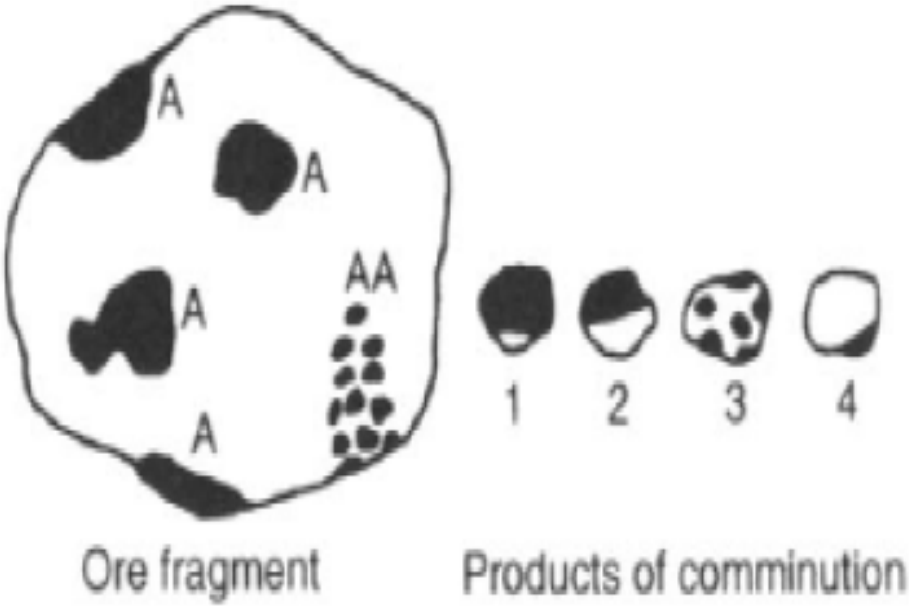
✓ در شکل مقابل مقطع یک سنگ معدن نشان داده شده است. مناطق A کاملا از کانی با ارزش تشکیل شده و منطقه AA غنی از کانی با ارزش می باشد که بطور گسترده در کانی باطله پراکنده شده است.

✓ در طی فرآیند نرم کنی، محدوده ای از ذرات کانی کاملا 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.

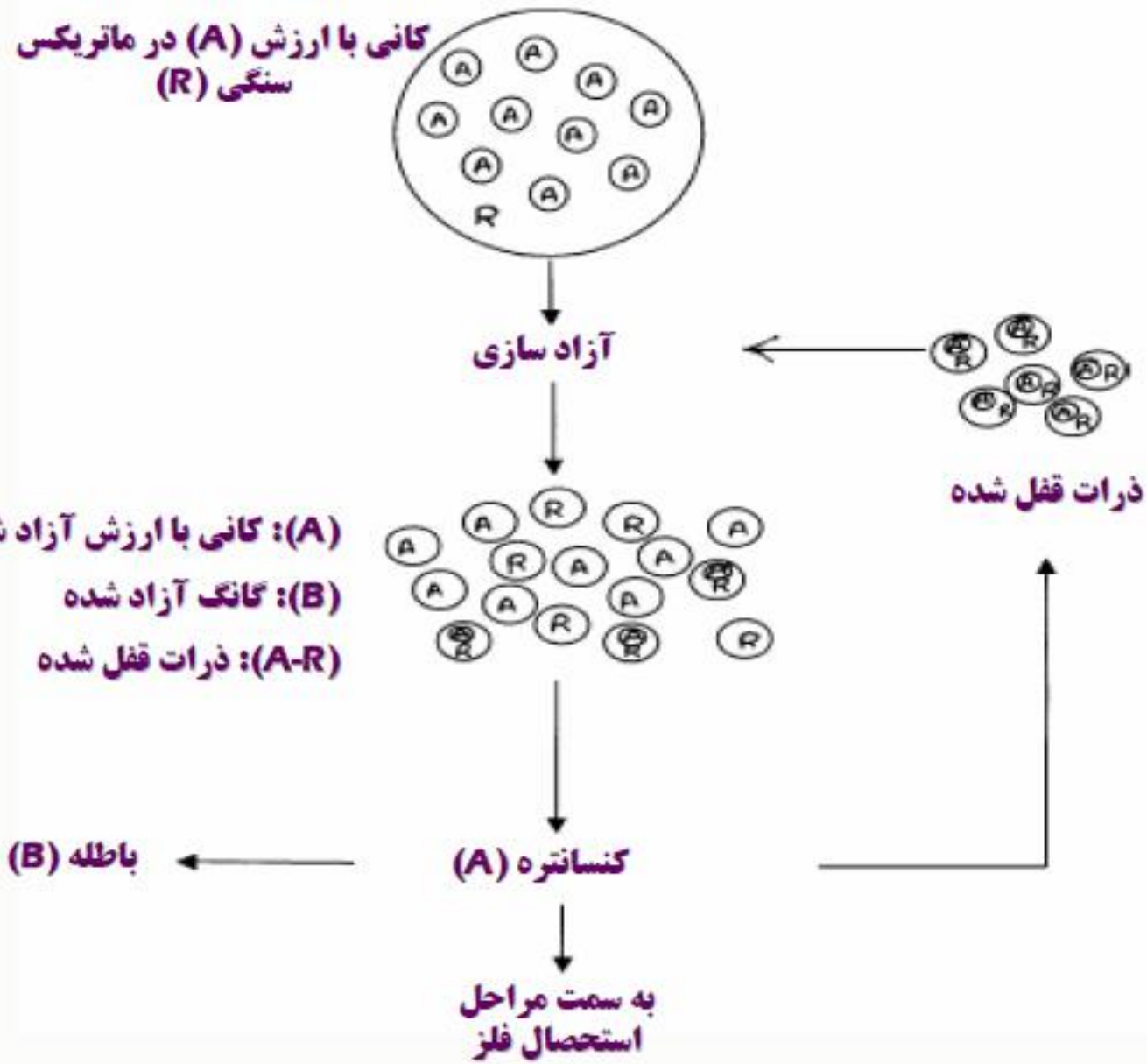
✓ ذرات نوع ۲ و ۳ ذرات میانی (قفل شده) می باشند.



مقطعی از ذرات کانسنگ

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.


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
کنسانتره (A)
باطله (B)
به سمت مراحل استحصال فلز

بسم الله الرحمن الرحیم

مبانی کانه آرایی

(محاسبات متالورژیکی)

دکترسیدمحمد رضویان

عضو هیات علمی دانشگاه کاشان

❑ شاخص های ارزیابی عملیات جدایش

❖ عیار (Grade)

$$\text{عیار (٪)} = \frac{\text{وزن فلز در ماده معدنی}}{\text{وزن کل ماده معدنی}} * ۱۰۰$$

❖ بازیابی (Recovery)

$$\text{بازیابی (٪)} = \frac{\text{وزن فلز در کنسانتره}}{\text{وزن فلز در خوراک}} * ۱۰۰$$

❖ نسبت پرعیار شوندگی (Ratio of Concentration)

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

❖ نسبت غنی شوندگی (تغلیظ) (Enrichment Ratio)

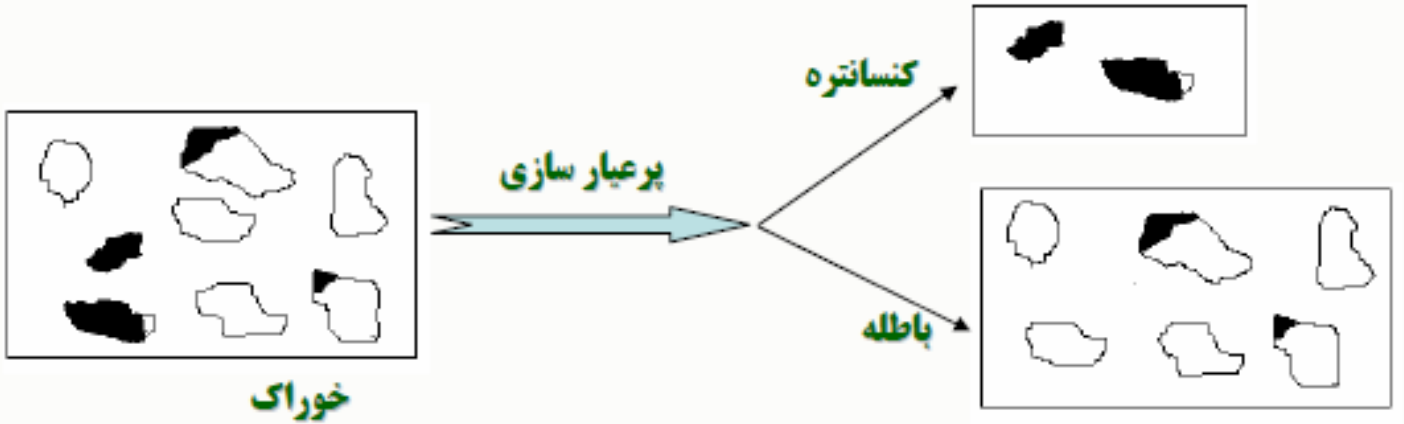
$$E.R. = \frac{\text{عیار کنسانتره}}{\text{عیار خوراک}}$$

❖ بازیابی وزنی (Weight Recovery)

$$R_w = \frac{\text{وزن کنسانتره}}{\text{وزن خوراک}} * ۱۰۰$$

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. درصورتیکه عیار ماده با ارزش در خوراک ۱۳٪ باشد، عیار کنسانتره، عیار باطله، بازیابی، نسبت پرعیار شوندگی و نسبت تغلیظ را محاسبه کنید.

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

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

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

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

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

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)

$CuFeS_2$	Cu
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)

Cu_2S	Cu
2*64 + 32 = 160	2*64
100	m_1

$\Rightarrow m_1 = 80\%$

CuS	Cu
64+32= 96	64
100	m_2

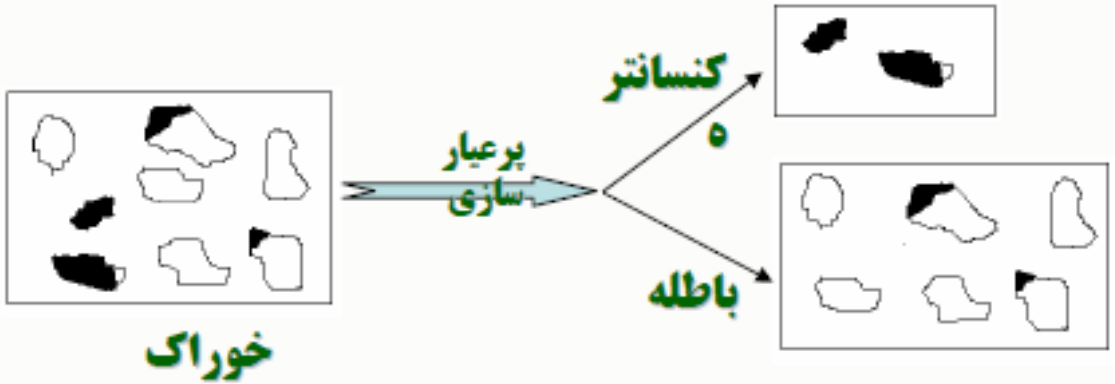
$\Rightarrow m_2 = 66.7\%$

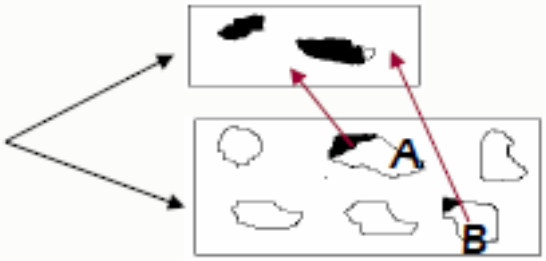
$CuFeS_2$	Cu
64 + 56 + 2(32)= 184	64
100	m_3

$\Rightarrow m_2 = 34.78\%$

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

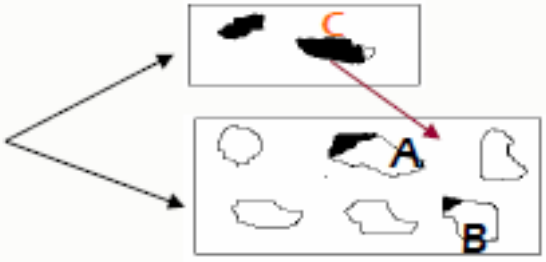
❑ رابطه بین عیار و بازیابی





حالت اول: افزایش بازیابی

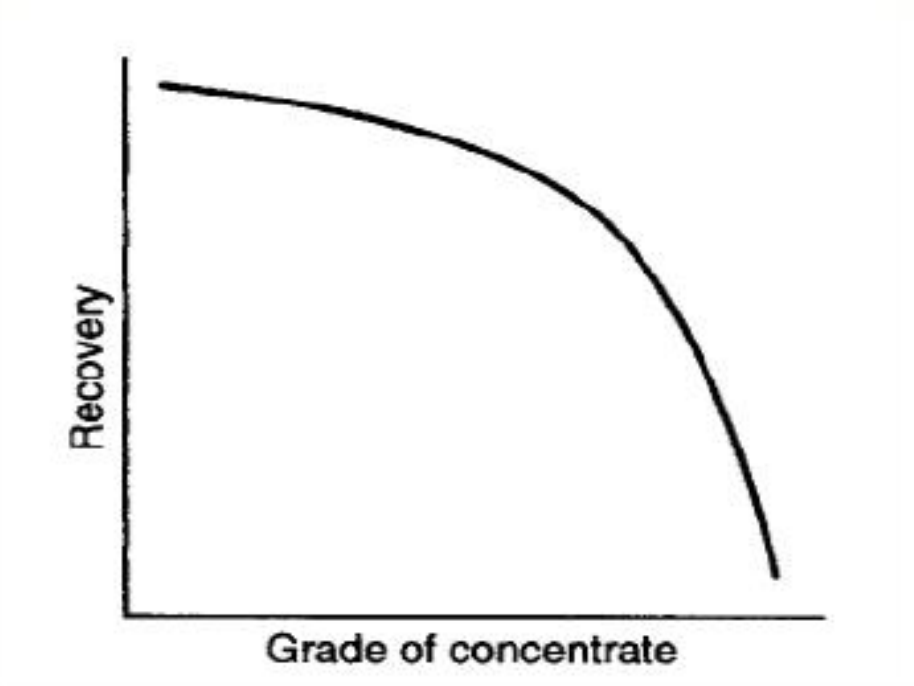
✓ برای افزایش بازیابی باید تا حد امکان ذرات با ارزش (مثل ذره A و B) به کنسانتره منتقل شوند. این افزایش بازیابی منجر به کاهش عیار کنسانتره خواهد شد.



حالت دوم: افزایش عیار

✓ برای افزایش عیار باید حتی الامکان ذرات با ارزش قفل شده (C) از کنسانتره به باطله منتقل شود که طبعا 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 آرایی، بالا نگه داشتن همزمان عیار و بازیابی هدف اصلی می باشد.

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

$$\text{Separation efficiency (S.E.)} = Rm - Rg$$

R_m: درصد بازیابی کانی با ارزش

Rg: درصد بازیابی گانگ به کنسانتره

فرض میکنیم که عیار خوراک f%، عیار کنسانتره c%و عیار باطله t% باشد.

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

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

$$Rm = \frac{100Cc}{f} \qquad (1)$$

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:

$$R_g = \frac{100C(m-c)}{(m-f)} \qquad (۲)$$

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

$$\text{Separation efficiency (S.E.)} = Rm - Rg = \frac{100Cc}{f} - \left\{\frac{100C(m-c)}{(m-f)}\right\}$$

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

مثال

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

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

$$S.E. = Rm - Rg$$

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 1 از نظر متالورژیکی بهتر است.

مثال

فرض کنید که خوراک کارخانه فرآوری مس سرچشمه دارای مس با عیار ۰/۹ 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. (Cu:64 و S:32)

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

$m(Cu_2S) = 80\%$

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

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:

$S.E._1 = 72.72\%$ $S.E._2 = 81.24\%$ $S.E._3 = 82.81\%$

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)

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

$m(Cu_2S) = 80\%$

$m(CuFeS_2) = 34.78\%$

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

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

$87 = 100 * [(C*30)/ 1.2]$ ⇒ $C = 0.0348$

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

مثال

یک کارخانه کانه آرایی 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، Zn=65، S=32)

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

عملیات اول:

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

گالن

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

$m(ZnS) = 67\%$ $\quad 85 = 100 * [(C_1 * 50)/2] \Rightarrow C_2 = 0.034$

اسفالریت

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

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

عملیات دوم:

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

گالن

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

$84 = 100 * [(C_1 * 48)/ 2]$ ⟹ $C_2 = 0.035$

اسفالریت

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

کارایی جدایش متوسط عملیات ۲ = (81.99+82.98)/2 = 82.48%

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.

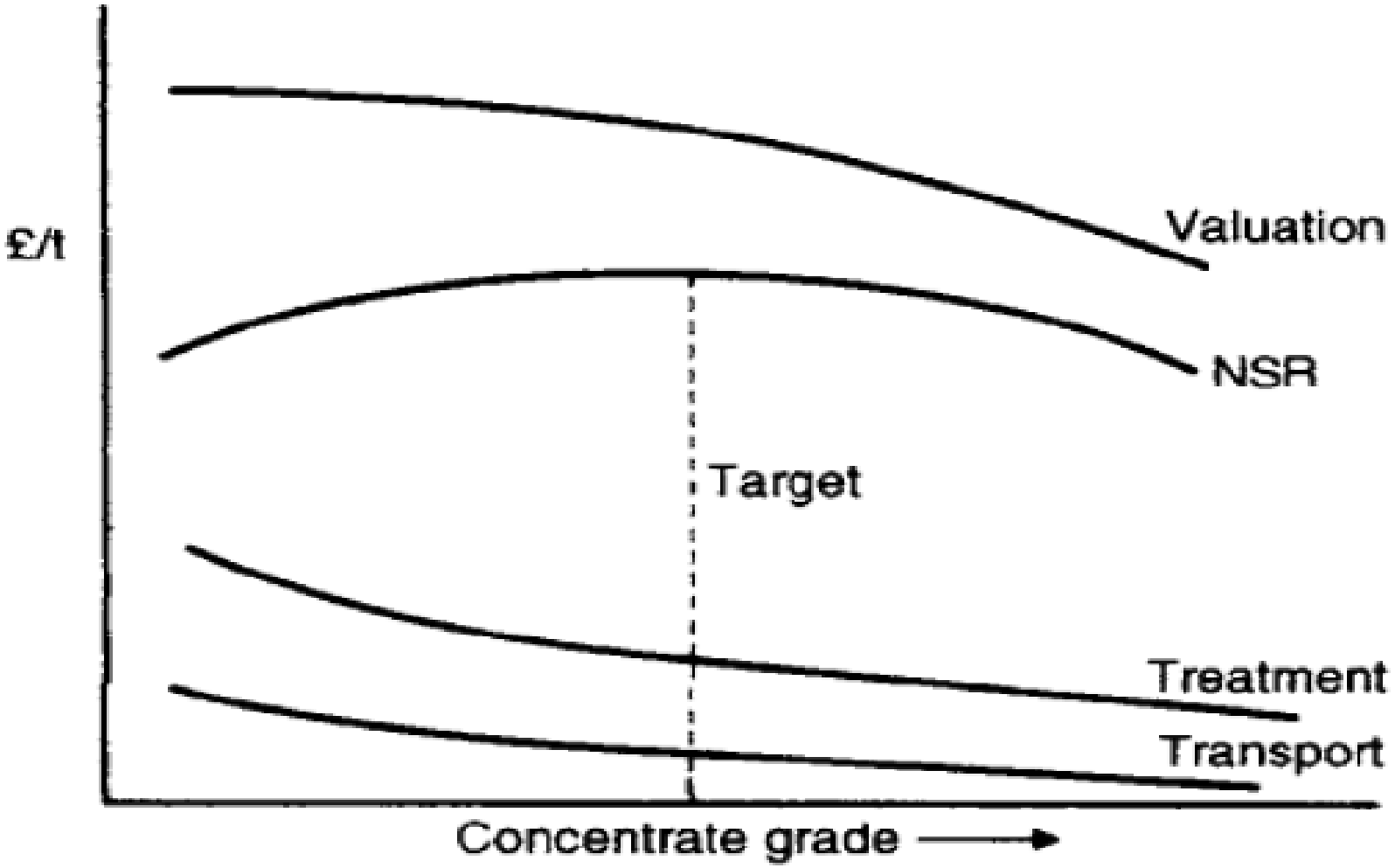
✓ عوامل موثر در این امر، قیمت روز فلز، هزینه حمل و نقل به کارخانه ذوب و هزینه ذوب می باشد.

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

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

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

$$NSR \geq 0$$



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:

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

اگر وزن خوراک 1 تن فرض شود، وزن کنسانتره 0.009841 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 (کانی تامین کننده گالن (PbS)) با عیار ۵٪ و شرایط زیر را تعیین کنید. (Pb=207، S=32)

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(PbS) = 86.6%

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

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

NSR= [(0.0577 * 0.866 * 700)] – (0.0577*210) –(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= [(0.0577 * 0.866 * 700)] * 0.95 – (0.0577*210) –(0.0577*10) = 20.53 $

❑ بازدهی اقتصادی

بازدهی اقتصادی از طریق محاسبه بازده خالص از هر تن کانه در شرایط واقعی نسبت به حالت ایده آل (جدایش کامل کانی با ارزش 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 (کانی تامین کننده سرب، گالن می باشد).

حالت واقعی:

$84 = 100 * [(C_1 * 78)/6]$ ⟹ $C = 0.0646$

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

حالت ایده آل:

$m(PbS) = 86.6\%\ ,\ R = 100\%$ ⟹ $100 = 100 * [(C_1 * 86.6)/6]$ ⟹ $C = 0.0693$

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

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

بسم الله الرحمن الرحیم

مبانی کانه آرایی

(محاسبات مربوط به پالپ)

دکترسیدمحمد رضویان

عضو هیات علمی دانشگاه کاشان

محاسبات مربوط به پالپ ها

- به مخلوط جامد و آب که از مرحله نرم‌کنی وارد سیستم می‌شود، پالپ، دوغاب، گِل‌آب یا اسلاری گفته می‌شود.
- حجم مخازن در بر گیرنده پالپ مهم است، زیرا زمان توقف در واحدهای عملیاتی را تعیین می‌کند.

$$\text{زمان توقف} = \frac{\text{حجم } (m^3)}{\text{دبی } (m^3/h)}$$

مثال

اگر $۱۲۰ m^3/h$ پالپ به یک تانک تنظیم کننده با حجم $۲۰ m^3$ وارد شود، زمان توقف ذرات در تانک را محاسبه کنید.

حل:

$$\text{زمان توقف} = \frac{\text{حجم } (m^3)}{\text{دبی } (m^3/h)} = \frac{20}{120} = \frac{1}{6} h = 10 \min$$

- اندازه‌گیری دانسیته پالپ توسط توزین حجم مشخصی از پالپ در ظرف استاندارد عملی می‌شود.

$$\text{دانسیته} = \frac{\text{جرم پالپ}}{\text{حجم ظرف}}$$

محاسبه درصد وزنی جامد پالپ با استفاده از دانسیته پالپ

X: درصد جامد برحسب وزن

V_S: حجم جامد (m^3)

m_S: جرم جامد (kg)

D: دانسیته پالپ (kg/m^3)

V_P: حجم پالپ (m^3)

m_W: جرم آب (kg)

S: دانسیته جامد (kg/m^3)

V_W: حجم آب (m^3)

W: دانسیته آب (kg/m^3)

$$V_p = V_S + V_W$$

اگر $V_p = 1$ باشد، در نتیجه:

$$V_S + V_W = 1 \Rightarrow \frac{m_S}{S} + \frac{m_W}{W} = 1$$

$$X = \frac{m_S}{m_S + m_W} \times 100$$

$$D = \frac{m_S + m_W}{V_P} \Rightarrow m_S = D - m_W$$

$$X = \frac{D - m_W}{D - m_W + m_W} \times 100 = \frac{100(D - m_W)}{D} \Rightarrow m_W = D - \frac{XD}{100}$$

$$m_S = D - D + \frac{XD}{100} = \frac{XD}{100}$$

$$1 = \frac{\frac{XD}{100}}{S} + \frac{D - \frac{XD}{100}}{W}, \quad W = 1000\, {kg}/{m^3} \Rightarrow X = \frac{100S(D - 1000)}{D(S - 1000)}$$

محاسبات مربوط به پالپ ها

- اگر F دبی حجمی پالپ (m^3/h) باشد:

$$M = FD\frac{X}{100}$$

$$M = \frac{FS(D-1000)}{(S-1000)}$$

M: دبی جرمی جامد خشک (kg/h)

٤-٣- نسبت رقیق شدن؛ رقت (Dillution Ratio)

$$\text{نسبت رقت} = \frac{\text{وزن آب}}{\text{وزن جامد}} = \frac{m_w}{m_s} = \frac{D-\frac{XD}{100}}{\frac{XD}{100}} = \frac{100-X}{X}$$

وزن آب = نسبت رقت × وزن جامد

مثال

یک جریان پالپ که شامل کوارتز است به داخل ظرف دانسیته سنج ۱ لیتری منحرف می‌شود، زمان لازم برای پر شدن ظرف ۷ ثانیه می‌باشد. دانسیته پالپ توسط یک ترازوی کالیبره شده $1400 kg/m^3$ تعیین شد. اگر دانسیته کوارتز $2650 kg/m^3$ باشد، درصد جامد وزنی و دبی جرمی کوارتز در پالپ را محاسبه کنید.

حل:

$$X = \frac{100S(D-1000)}{D(S-1000)} \Rightarrow X = \frac{100\times 2650\times(1400-1000)}{1400\times(2650-1000)} = 45.9\%$$

$$F = \frac{1lit}{7s}\times\frac{3600s}{1h}\times\frac{1m^3}{1000lit} = 0.51\,{}^{m^3}/_{h}$$

$$M = 0.51\times 1400\times\frac{45.9}{100} = 327.73\,{}^{kg}/_{h}$$

کوارتز وارد شده

مثال

یک کارخانه فلوتاسیون $500\ t/h$ ماده جامد را فرآوری می‌کند، پالپ خوراک شامل ۴۰٪ جامد بر حسب وزن است و برای ۵ دقیقه با مواد شیمیایی تنظیم می‌شود. حجم تانک مورد نیاز برای تنظیم را محاسبه کنید. (دانسیته جامد $2700\ kg/m^3$)

حل:

$$\text{دبی حجمی جامد در پالپ} = \frac{\text{دبی جرمی}}{\text{دانسیته}} = \frac{500 \times 1000\ ^{kg}/_{h}}{2700\ ^{kg}/_{m^3}} = 185.2\ ^{m^3}/_{h}$$

$$\text{دبی جرمی آب در پالپ} = \text{دبی جرمی جامد} \times \text{نسبت رقت} = \frac{100-40}{40} \times 500 = 750\ ^{t}/_{h}$$

$$\text{دبی حجمی آب} = \frac{750\ ^{t}/_{h}}{1\ ^{t}/_{m^3}} = 750\ ^{m^3}/_{h}$$

$$\text{دبی حجمی پالپ} = 750\ ^{m^3}/_{h} + 185.2\ ^{m^3}/_{h} = 935.2\ ^{m^3}/_{h}$$

$$\text{زمان توقف} = \frac{\text{حجم}}{\text{دبی حجمی}}$$

$$\text{حجم} = 5\,\text{min} \times \frac{1h}{60\,\text{min}} \times 935.2\ ^{m^3}/_{h} = 77.9 m^3$$