فلوتاسیون (جلسه اول)

مهدی نصیری سروی

منابع درسی

* 1- Will's Mineral Processing Technology (chapter 12)

2- کانه آرایی، دکتر نعمت الهی، فصول: 12 و 13.

3- مسائل کاربردی فرآوری مواد معدنی، دکتر بنیسی، فصول 12 – 19.

اصول فلوتاسیون

فلوتاسیون مهم ترین و فراگیرترین روش کانه آرایی است

مواد با ارزش به دلیل خواص فیزیکی شیمیایی به حباب های هوا می چسبند و تشکیل کف را می دهند و مواد باطله در آب شناور می مانند.

رنج ابعاد ذرات در این روش: 70 – 100 میکرون

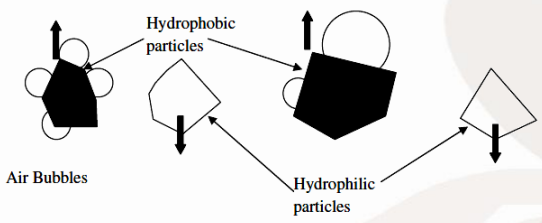
مصادیق استفاده از فلوتاسیون:

- جدایش کانیهای سولفیدی از گانگ سیلیس
- فلوتاسیون ذغال
- جدایش کانیهای سیلیکاته از کانیهای آهن
- جدایش کانیهای فسفاته از سیلیکاته
- رنگ زدایی از کاغذهای باطله

اصول شیمیایی فلوتاسیون

آبرانی و آبدوستی (Hydrophobicity / Hydrophilicity):

فلوتاسیون بر اساس استفاده از خاصیت آبرانی و یا آبدوستی کانیها جهت جداسازی آنها پایه ریزی شده است.



اصول فلوتاسیون

Chemistry Components:
- Collectors
- Frothers
- Activators
- Depressants
- pH

Flotation system

Operation Components:
- Feed Rate
- Mineralogy
- Particle Size
- Pulp Density
- Temperature

Equipment Components:
- Cell Design
- Agitation
- Air Flow
- Cell Bank Configuration
- Cell Bank Control

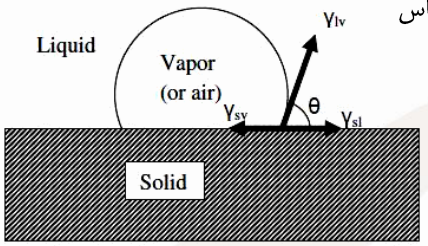
اصول شیمیایی فلوتاسیون

کلکتور (Collector):

برای چسبیدن کانی مورد نظر به حباب هوا شرط اول آبران بودن آن است. از این رو از کلکتور استفاده می شود. بعضی کانیها به صورت طبیعی آبران هستند (گرافیت، مولیبدن، الماس، ذغال، تالک).

چگونگی تغییر مشخصات سطح توسط کلکتور:

هرچقدر کانی آبران تر باشد سطح تماس حباب هوا و افزایش می یابد. این افزایش در افزایش زاویه تماس حباب و سطح جامد نشان دهده می شود. افزایش زاویه تماس نشان دهنده افزایش استحکام چسبندگی حباب هوا به سطح جامد است.

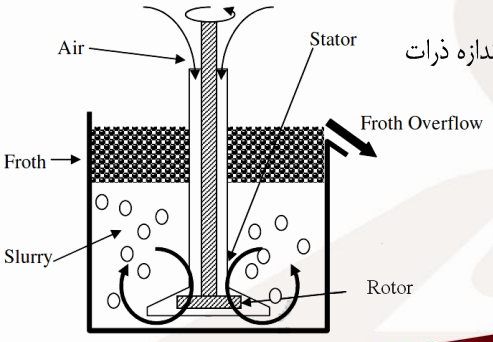


اصول شیمیایی فلوتاسیون

کف ساز (Frother):

ذرات آبران بایستی به حبابهای هوایی که توسط سلول تولید شده اند بچسبند و عمل پایدار کنندگی این حبابها توسط کف ساز ها انجام می شود.

بعد از ایجاد یک حباب پایدار دو پدیده دیگر جهت بازیابی کانی مورد نظر نیاز است:



1- برخورد:

یعنی برخورد ذره به حباب هوا (وابسته به اندازه ذرات هرچه ذرات کوچکتر احتمال برخورد کمتر)

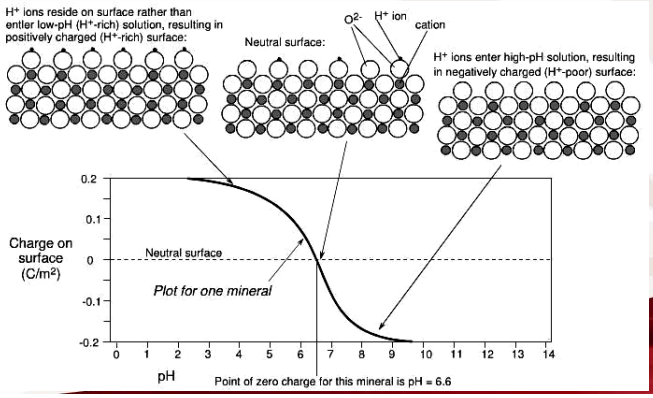
2- اتصال:

با وجود حرکت ذره بر روی سطح حباب چسبندگی آن باید حفظ شود.

اصول شیمیایی فلوتاسیون

بار الکتریکی سطح جامد در اثر سه مکانیزم ایجاد می شود:

1- جذب شیمیایی: تاثیر متقابل شیمیایی بین جامد و محیط را جذب شیمیایی می گویند در اثر واکنشها، درسطح ترکیبات مختلفی تشکیل می شود. مانند SiOH (سیلانول) در سطح کوارتز که باعث آزاد شدن یون هیدروژن در محیط می شود و سطح مثبت می شود و با افزایش فعالیت جهت عکس مس شود. زمانی (در pH معینی) که فعالیت یون در حد مشخصی است سطح بدون بار است؛ که آن pH را نقطه بار صفر ZPC می گویند.



اصول شیمیایی فلوتاسیون

2- انحلال تدریجی یونهای سطحی: باردار شدن در اثر تجزیه ترجیحی یون های سطح. یونی که دارای بیشترین انرژی هیدراتاسیون منفی باشد، تمایل بیشتری به جدا شدن از سطح دارد و سطح را ترک میکند و سطح را با جا گذاشتن یونهای مختلف ترک م یکند.

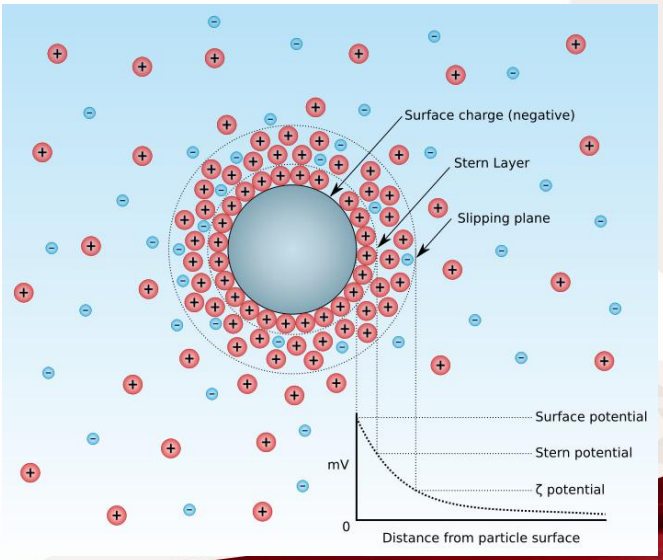
3- جانشینی شبکه ای: با ایجاد بار الکتریکی در سطح جامد سطح نسبت به محیط دارای پتانسیل می شود بنابراین غشاء در محلول توسط یک لایه از یونهای با بار مخالف محصور شده که این لایه به وجود آمده لایه ثابت می گویند. در قسمت بیرونی لایه ثابت، تعداد زیادی از یونها با بار بارهای مختلف وجود دارد که باعث تشکیل یک لایه ابری شکل می شود بنابر این دولایه الکتریکی در ناحیه ای که سطح غشاء در مجاورت محیط مایع اطراف آن وجود دارد، تشکیل می شود این دو لایه توسط دو قسمت شرح داده می شود:

قسمت درونی (مقاوم): شامل یونهایی است که به صورت قوی با سطح خارجی غشاء اتصال پیدا کرده است.

قسمت بیرونی (ناحیه پراکنده): یونها در آن قسمت در حالت تعادل یونی به سر می برند.

پتانسیل موجود در این قسمت با افزایش فاصله از غشاء کاهش پیدا کرده، تا جایی که به صفر برسد. آزمایشها نشان می دهد که بین لایه مقاوم و لایه پراکنده یک صفحه لغزش و جود دارد که پتانسیل آن به پتانسیل زتا معروف است.

اصول شیمیایی فلوتاسیون



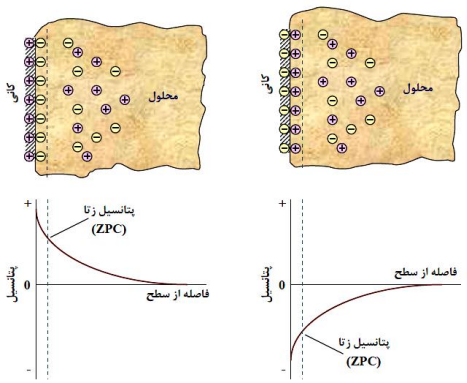
اصول شیمیایی فلوتاسیون

در سطح ذره دو لایه الکتریکی به وجود می آید که یک لایه آن متصل به ذره و لایه دیگر آن در محلول قرار می گیرد.

پتانسیل منطقه لغزش به نام پتانسیل زتا شناخته می شود

با تغییر pH به جایی می رسیم که بار سطحی کانه صفر می شود که این pH با نام نقطه بار صفر شناخته می شود (ZPC).

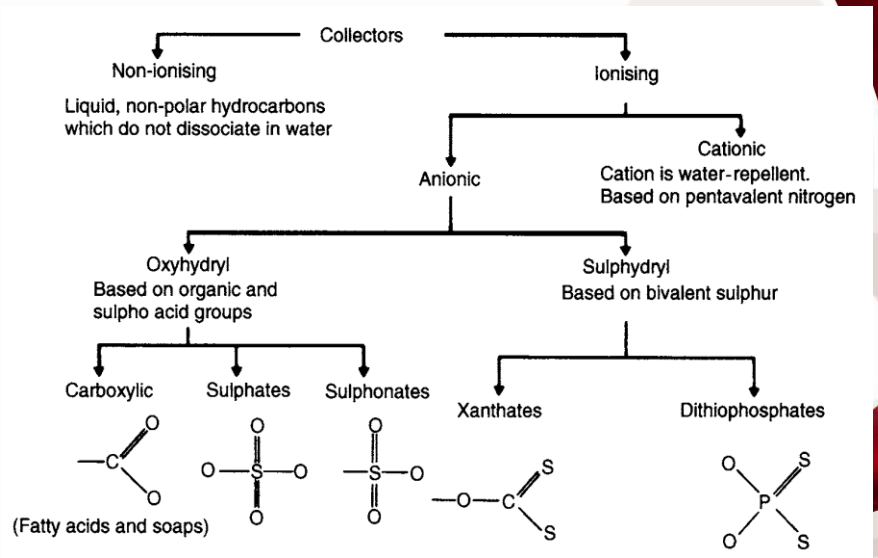
نقطه بار صفر در استفاده از نوع کلکتور و شناورسازی کانی مهم است



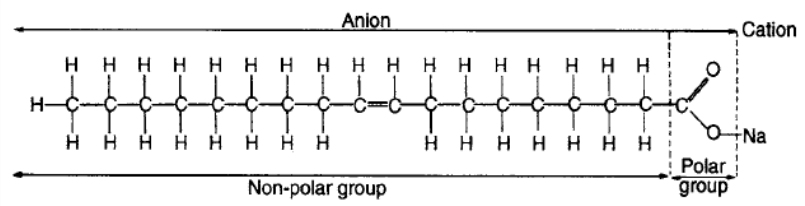
کلکتورها

Group 1	*Group 2*	*Group 3(a)*	*Group 4*	*Group 5*
Galena	Barite	Cerrusite	Hematite	Zircon
Covellite	Anhydrite	Malachite	Magnetite	Willemite
Bornite	Gypsum	Azurite	Gothite	Hemimorphite
Chalcocite	Anglesite	Wulfenite	Chromite	Beryl
Chalcopyrite			Ilmenite	Feldspar
Stibnite		*Group 3(b)*	Corundum	Sillimanite
Argentite		Fluorite	Pyrolusite	Garnet
Bismuthinite		Calcite	Limonite	Quartz
Millerite		Witherite	Borax	
Cobaltite		Magnesite	Wolframite	
Arsenopyrite		Dolomite	Columbite	
Pyrite		Apatite	Tantalite	
Sphalerite		Scheelite	Rutile	
Orpiment		Smithsonite	Cassiterite	
Pentlandite		Rhodochrosite		
Realgar		Siderite		
Native Au, Pt, Ag, Cu		Monazite		

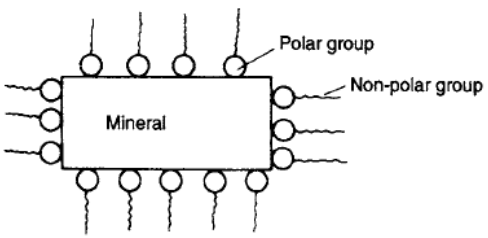
کلکتورها



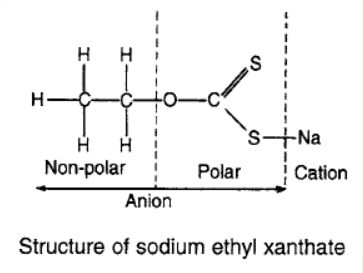
کلکتورهای آنیونی اکسیدریل



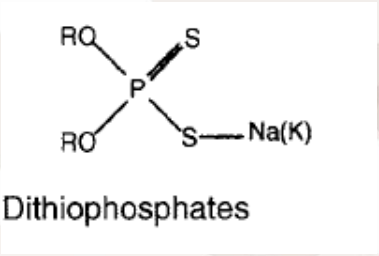
Structure of sodium oleate



کلکتورهای آنیونی سولفیدریل



Structure of sodium ethyl xanthate



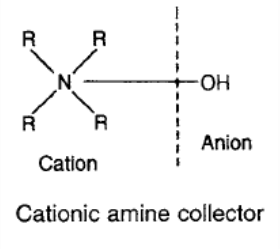
Dithiophosphates

کلکتورها

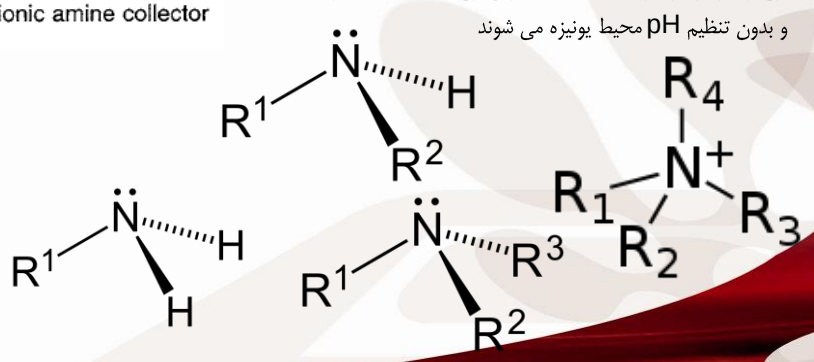
کلکتورهای کاتیونی:

آمین ها:

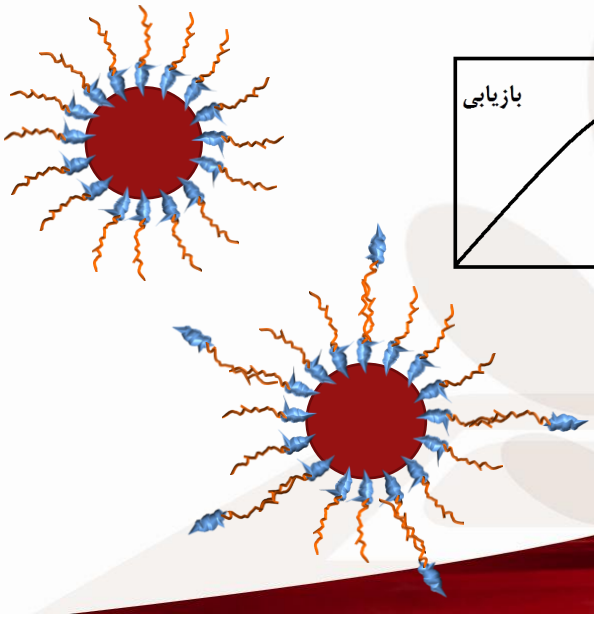
نوع اول و دوم و سوم بازهای ضعیف ولی نوع چهارم بازهای قوی و بدون تنظیم pH محیط یونیزه می شوند



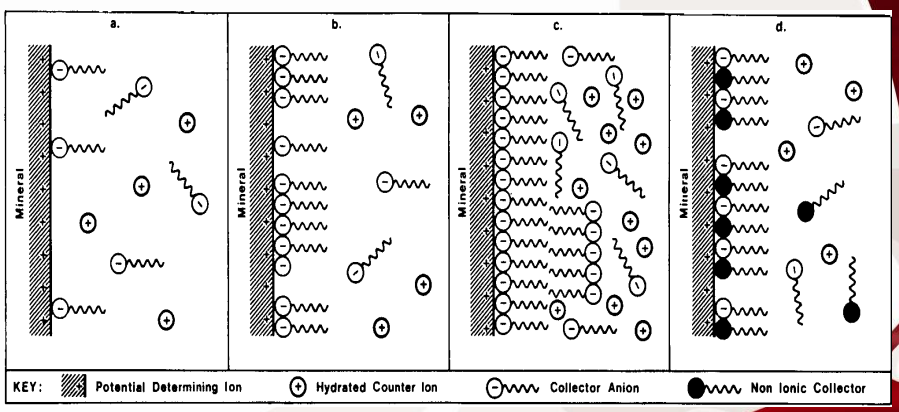
Cationic amine collector



کلکتورها



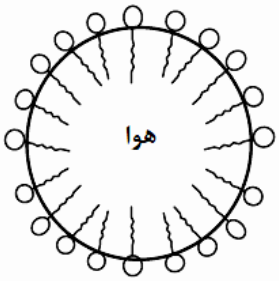
کلکتورها

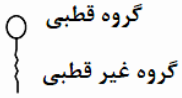


کف سازها

مواد آلی با ساختمان غیر متقارن که در سطح بین هوا و آب جذب می شوند. گروه قطبی با آب ترکیب می شود و گروه هیدروکربن به طرف داخل حباب کشیده میشود.

یکی از کارهایی که کف سازها انجام میدهند پوشاندن حباب هوا با یونهای هم نام است تا اینکه از چسبیدن حبابها و در نهایت ترکیدن حباب جلوگیری شود.





کف سازها

بایستی جوابگون نیازهای زیر باشند:

- در غلظت کم تولید کف با حجم و مقاومت مکانیکی کافی کنند
- مقامت مناسب کف در منطقه فوقانی سلول جهت سهولت در در حمل مواد شناور شده
- بافت مناسب جهت اجازه بازگشت دانه های گانگ به داخل پالپ
- کوچک بودن حداکثری حباب هوا جهت جلوگیری از چسبیدن به یکدیگر
- فعالیت شیمیایی صفر با سطح کانی تا به صورت کلکتور عمل نکند
- مقاومت در مقابل تغییرات pH و غلظت نمک های محلول
- قیمت مناسب با دارا بودن خصوصیات مذکور

کف سازها

مشکلات به وجود آمده:

کف ناپایدار می شود: عدم کفایت غلظت کف ساز،غلظت بیش از حد کف ساز (روغن کاج و اسید کرزیلیک)، وجود سوختهای نفتی،

کف بسیار حجیم: نسبت بالای کانه های قابل فلوته شدن به کل کانه، ورود چربیها و روغن ها از سیستم ها، در سیستم فلوتاسیون کانیهای غیر سولفوره توسط آمین های وجود کانیهای با سطح مقطع بالا (یک مرحله نرمه گیری)

کف سازها

برای نیل به این اهداف تعداد محدودی کف ساز قابل استفاده هستند.

سوال: اگر کلکتور در فصل مشترک هوا و آب نیز فعالیت کند (مانند کلکتورهای کانیهای غیر سولفوره) چه اتفاقی می افتد؟

انواع رایج کف سازها:

الکل ها

کف سازها

الکل ها:

MIBC (کانیهای سولفوره 30 g/l)، روغن کاج(کانیهای سولفوره، ذغال سنگ، کانیهای غیر سولفوره)، اسید های کرزیلیک، ...

پلی اترهای هیدروکسیله:

گلیکول های پلی پروپیلن.

پارافین های آلککسی جانشین شده:

تری اتوکسی بوتان

تنظیم کننده ها

هدف استفاده: آرایش اولیه سطح دانه ها برای جذب انتخابی کلکتور. شامل بازدارنده ها، فعال کننده ها، تنظیم کننده pH و متفرق کننده ها.

بازدارنده ها: جلوگیری از اتصال کلکتور به موادی که نیازی به شناوری آنها نیست

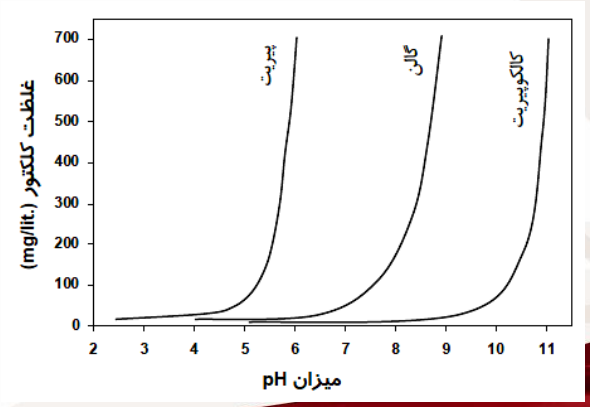
فعال کننده ها: باعث اتصال کلکتور به موادی می شود که مورد نیاز جهت شناور شدن هستند

تنظیم کننده های pH: تاثیر های بسیار زیاد (هم بر روی کلکتور و هم کف ساز)

متفرق کننده ها: باعث متفرق شدن کانی ها و جلوگیری از انباشتگی آنها می شود

اهمیت تنظیم pH

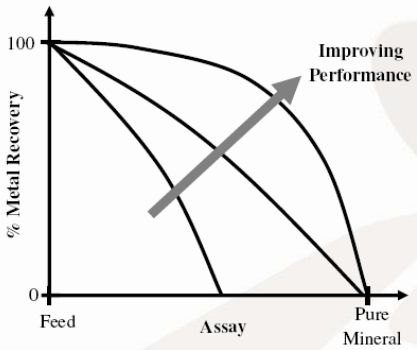
معمولا فلوتاسیون در محیط قلیایی انجام میشود
برای تنظیم pH از آهک و اسید سولفوریک
برای هر کانی یک pH بحرانی وجود دارد که بالاتر از آن کانی شناور نمی شود (شکل زیر)



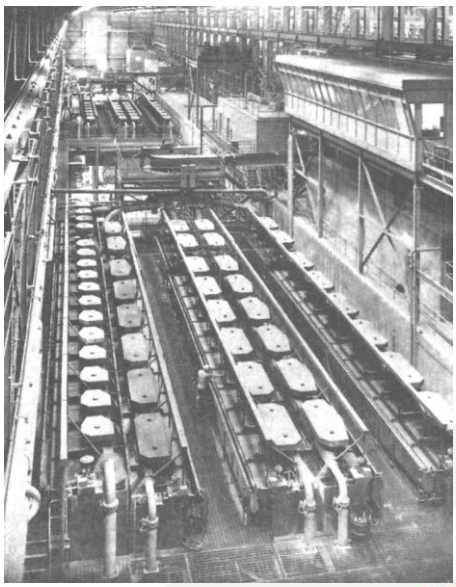
نمودار بازیابی/عیار

عیار: درصد کانی مورد نظر در کنسانتره (برای هر جریان نیز قابل محاسبه است)

بازیابی: در کانی مورد نظر بدست آمده در کنسانتره



مدارهای فلوتاسیون



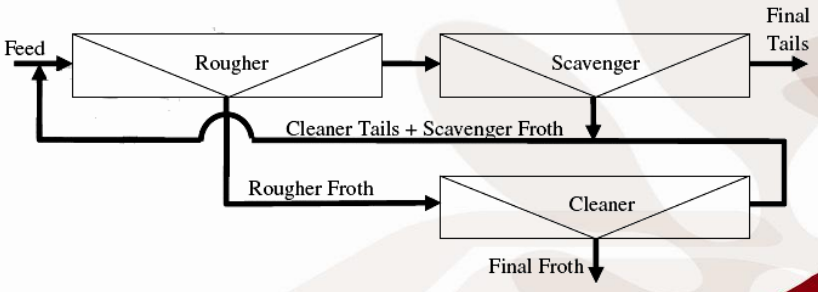
پالپ از اولین سلول ردیف وارد شده و بعد از منتقل کردن بعضی از کانیهای با ارزش به کف، به سلول بعدی سرریز می شود.

با نزدیک شدن به سلولهای آخر مقدار کانی قابل شناورسازی کم می شود و معمولاً عمق کف نسبت به سلولهای اولیه خیلی کمتر می شود

در سلولهای آخر سعی می شود که مواد با شناورسازی ضعیف تر شناور شوند که به این سلولها، رمق گیر گفته می شود.

مدارهای فلوتاسیون

مدار رایج فلوتاسیون:



مدارهای فلوتاسیون

برای کانه ای که گانگ آن نسبتاً غیر قابل شناور است، مدار پرعیار کنی مجدد بکار می رود.