آزمایشگاه استخراج فلزات

محمد احمدی دریاکناری

۱- نمره تمرینات۵
۳- نمره عدم غیبت و فعالیت کلاسی ۳
۴- دو تا بازدید ۳ نمره
آزمایشگاه فراوری معدنی ۴
۵- نمره گزارشکار ۵ نمره

مراجع

استخراج فلزات با فرایندهای هیدرومتالورژی اصول وکاربردها ، دکتر مهدی مزمل حکم آبادی

اصول فرآیندهای پیرو متالورژی، دکتر منصور سلطانیه

منابع اینترنتی

برنامه درسی

هفته	موضوع
۱-۲	مقدمه ای بر آزمایشگاه
۳-۵	تبدیل خاک مس به محلول آماده برای تهیه مس کاتد (آزمایشگاه هیدرومتالورژی معدن) و الکتروویننینگ
۶	بازدید از کارخانه تولید کاتد مسی قربانزاده در شهرک صنعتی شاهرود
۷	تکلیس کربنات کلسیم
۸	تشویه سولفید روی
۹	احیا گندله آهن با کک
۱۰	بازید از کارخانه فولاد شاهرود
۱۱-۱۲	بازیافت نقره از فیلم های رادیولوژی
۱۳	سنتز سیلیکا از پوسته برنج

دو جلسه هم میانترم و پایانترم داخل آزمایشگاه

نکات ایمنی

۱- هرگز بدون روپوش، دستکش و ماسک آزمایش نکنیم.

۲- هرگز آزمایش در حال اجرا را بدون مراقبت رها نکنیم.

۳- روی میزها را خالی از تجهیزات و مواد غیر لازم نگه داریم.

٤- وسایل روی میزها را به طور مناسب و بی خطر قرار دهیم.

٥- از هرگونه خوردن و آشامیدن در محیط آزمایشگاه پرهیز کنید. محیط آزمایشگاه آلوده به مواد سمی و خطرناک است.

٦- هنگام شستشوی ظروف و وسایل شیشه ای، ابتدا شیر آب را باز نموده و منتظر یکنواخت شدن جریان آب و ثابت شدن فشار آن شوید و سپس وسایل مورد شستشو را در مسیر جریان آب قرار دهید تا از رها شدن وسایل از دست)در اثر فشار ناگهانی آب،شکستن آنها جلوگیری شود.

۷- در عمل بایستی همیشه اسید را به آب اضافه کرد و نه آب را به اسید. زیرا اگر آب روی اسید ریخته شود تولید حرارت نموده که با ایجاد حبابهای هوا ذرات اسید را شدیداً به اطراف پخش می کند.

نحوه نوشتن گزارش کار آزمایشگاه

در تهیه گزارش، فهرست مطالب زیر پیشنهاد می شود:

۱ – صفحه عنوان: در آن عنوان گزارش، نام درس، نام دانشجو و استاد مربوطه و تاریخ انجام آزمایش ذکر گردد.

۲ – مقدمه: زمینه موضوع در این بخش به اختصار بحث گردد.

۳ – تئوری: مفاهیم تئوریک، در این بخش می آید

٤ – روش آزمایش: ممکن است شامل دو بخش "دستگاه" و "روش کار" باشد. می توان دیاگرامی از مراحل آزمایش تهیه کرد. نحوه انجام آزمایش را به اختصار و با جملات خود توضیح دهید.

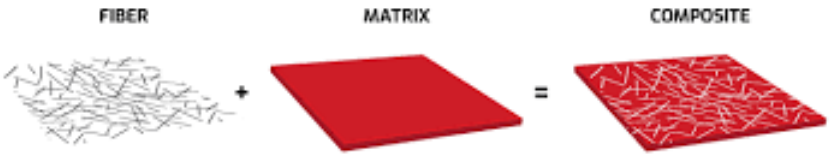
۵– نتایج و بحث : شامل محاسبات، اندازه گیری دقت و خطای آزمایش، جداول و غیره به همراه توضیح مربوطه و تجزیه و تحلیل نتایج با توجه به اهداف مورد نظر

٦ – نتیجه گیری

عصر های مختلف مواد

- مواد موجب پیشرفت بشر از آغاز آفرینش بوده اند.؛ در نتیجه، دوره های مختلف زندگی بشر بر اساس ماده ای که در آن روزگار مورد استفاده قرار می گرفته است، نام گذاری شده است .
- عصر سنگ؛ ابزار و سلاح هایی که در ماقبل تاریخ، ۳۰۰۰۰ قبل و پیش از آن، از سنگ و استخوان حیوانات ساخته شده اند، یافت شده است.
- عصر مس ؛ طلا، نقره و مس تنها فلزاتی هستند که به صورت خالص در طبیعت یافت می شوند و از زمان های قدیم شناخته شده بودند. اما کاربرد آنها به صورت کار شده و شکل یافته در ۵۵۰۰ سال قبل از میلاد اتفاق افتاد. در ۴۰۰۰ سال قبل از میلاد روش ذوب و ریخته گری این فلزات پدید آمد. با افزایش دمای کاری کوره ها در ۳۵۰۰ سال قبل از میلاد و پس از استخراج مس و قلع از سنگ معدن آنها، عصر برنز آغاز می شود.
- عصر آهن؛ با کشف روش احیای اکسید آهن در حدود ۱۴۵۰ سال قبل از میلاد، عصر آهن آغاز می شود. سه هزار سال بعد، در ۱۵۰۰ بعد از میلاد، کوره بلند توسعه یافت و چدن ها به طور گسترده ای در ساخت پل ها و ساختمان ها مورد استفاده قرار گرفتند.

- **عصر فولاد؛** در سال ۱۸۵٦ فولاد به روش بسمر از آهن تولید شد. خواص ویژه فولاد موجب پیدایش نقش اساسی در ساختمان سازی شد که تاکنون هم ادامه دارد.
- **عصر کامپوزیت و پلیمر؛** لاستیک در سال ۱۵۵۰ میلادی و پس از کشف قاره آمریکا، به اروپا وارد شد اما عصر پلیمر از ابتدای قرن بیستم آغاز می شود. با گسترش علم پلیمر در سالهای ۱۹٤۰ تا ۱۹٦۰ میلادی، انواع مختلفی از پلیمرها ساخته شدند و در محصولات خانگی، خودروسازی و صنایع هوایی مورد استفاده قرار گرفتند. مقدار تولید سالیانه پلیمرها با مقدار تولید فولاد قابل مقایسه است.
- با وجود این که کامپوزیت ها سال های زیادی مورد استفاده قرار می گرفتند، اما کاربرد کامپوزیت های مهندسی به سال ۱۹٤۰ بر می گردد. با تقویت پلیمر با الیاف شیشه، کامپوزیت فایبر گلاس تولید شد که استحکامی برابر آلیاژهای آلومینیوم داشت



- تقریباً اغلب ما به مصارف متعدد مواد معدنی، که در واقع برخی از کانیهای مفید و سازنده پوسته زمین هستند، آگاهی داریم. زغال سنگ، نفت خام، سنگ معدن آهن و موادی نظیر آهک، گچ، نمک، گوگرد و امثال آنها را عموماً می شناسیم. این مواد همگی از قسمت های مختلف زمین استخراج می شوند.



برای پی بردن به نحوه به وجود آمدن کانسارها و تجمع مواد معدنی در آنها ابتدا لازم است زمین و ساختار آن را به طور مختصر بشناسیم.

چگونگی پیدایش معادن

سنگ های مذاب موجود در اعماق زمین را که در واقع حالت خمیری شکل دارند "ماگما" می نامند. ماگما در واقع حامل کلیه عناصر شیمیایی و کانی های تشکیل دهنده پوسته زمین است و از آن انواع بسیار زیادی از سنگ های معدنی بوجود آمده اند. ماگما نه تنها حاوی مواد کانی است بلکه دارای مقداری آب به شکل بخار و گازهای دیگر نیز هست.



ماگما انواع مختلفی دارد که عناصر و کانی های گوناگونی را شامل می شود. به طورکلی ماگما از ذوب قسمتی از پوسته یا لایه های درونی زمین بوجود می آید ولی پس از تشکیل در جای خود باقی نمی ماند و بر اثر عوامل مختلف به سمت بالا حرکت می کند.

ضمن حرکت ماگما به سمت بالا تغییراتی در آن به وجود می آید، از جمله به علت سرد شدن، بخشی از آن منجمد و جدا می شود. از جمع شدن کانی هایی که دارای نقطه ذوب بالایی هستند و در اولین مراحل سرد شدن از ماگما خارج می شوند و همچنین کانیهایی که در آخرین مراحل انجماد ماگما و در حین عبور آن از فضای خالی و شکاف سنگها برجا می مانند، کانسارهای فلزی مهمی نظیر طلا، نقره، مس، سرب و روی، کرومیت، قلع و جیوه به وجود می آید. به علاوه کانسارهای غیرفلزی مانند فلوئورین، باریت و پنبه نسوز نیز به همین طریق تشکیل می شوند.

در برخی موارد بر اثر پدیده های مختلفی مثل حرکات پوسته و فرسایش زمین کانسارهای فوق در حوالی سطح زمین ظاهر می شوند و تحت تأثیر عوامل جوی مانند یخبندان، برف و باران، باد و تابش خورشید کانیهای موجود به انـواع پایـدارتری تبدیل می شوند و سپس در مراحل بعدی در یک محل جدید متمرکز شده و کانسارهایی را،که به آنهـا کارنسـارهای ثانویـه می گویند به وجود می آورند. معادن بوکسیت یا سنگ معدن آلومینیم به این طریق تشکیل شده اند.

تعداد دیگری از کانسارها مانند نمک و گچ نیز بر اثر تبخیرآب دریا تشکیل می شوند.

- بر اساس پژوهش‌های زمین‌شناسی، کانسار سنگ آهن گل‌گهر سیرجان دارای دو نوع کانه‌زایی با منشأ متفاوت است که یکی از آن‌ها ویژگی‌هایکانسار ثانویه را نشان می‌دهد.

دو نوع مگنتیت در گل‌گهر

- مطالعات نشان می‌دهد مگنتیت در این کانسار به دو شکل توده‌ای (Massive) و نواری (Banded) دیده می‌شود که منشأ متفاوتی دارن

ویژگی	مگنتیت توده‌ای	مگنتیت نواری
منشأ	ماگمایی-هیدروترمال (نوع کایرونا)	اسکارن منیزیمی (ثانویه)
میزبان	سنگ‌های دگرگونی	مرمرهای منیزیمی
عناصر شاخص	Ti, V, Al بالاتر	Ti, V, Al پایین‌تر

- مگنتیت نواری که در مرمرهای منیزیمی میزبان قرار دارد، از طریق واکنش‌های متاسوماتیک بین سیالات ماگمایی غنی از آهن و سنگ‌های کربناته میزبان تشکیل شده است.

اکتشاف معادن

بسیاری از کانسارهای موجود که در پوسته زمین تشکیل شده اند بـه طـور مسـتقیم قابـل مشـاهده نیستند و یا اینکه در محل های دور از چشم زمین شناسان واقع شده اند. از این جهـت بـه منظـور پیدا کردن ماده معدنی و اثبات وجود آن و ارزیابی ا قتصادی بودن استخراج کانسارها فعالیت هایی باید صورت گیرد که به آن عملیات پی جویی و اکتشاف می گویند. پی جویی در وا قـع اقـداماتی است که موجب یافتن کانسار و تعیین موقعیت و وضعیت عمومی آن می شود. اما اکتشاف فعالیت هایی را شامل می شود که سبب بررسی و شناسایی دقیق کانسـار، مطالعـه سـاختمان داخلـی آن و بالاخره تعیین شکل، ا بعاد و ذخیره کانسار می گردد.

اطلاعاتی که از این طریق تهیه می شود باید به قدری روشن و کامل باشد که طراحان معدن بتوانند حتی بدون آنکه لازم باشد در منطقه حضور یابند، طرح استخراج معدن را تهیه کنند.

بعضی از عملیات های مهم پی جویی

- نقشه برداری هوایی
- ژئوفیزیک (یا زمین‌فیزیک، از مباحث علوم طبیعی است که به فرآیندها و خواص فیزیکی زمین و محیط اطراف آن، با استفاده از روش‌های کمّی برای تجزیه و تحلیل این فرایندها، می‌پردازد.)
- ژئوشیمی (در ساده‌ترین شکل ژئوشیمی را می‌توان به عنوان علمی تعریف کرد که با شیمی کل زمین و اجزای تشکیل دهنده آن سرو کار دارد. علم ژئوشیمی به تعبیری هم محدودتر و هم گسترده‌تر از زمین‌شناسی می‌باشد.)

بعضی از عملیات های مهم اکتشاف

- حفر گودال
- انجام آنالیزهای شیمیایی و فیزیکی مثل XRFو مغناطیس سنج وAAS

استخراج به طریقه روباز

- **استخراج به طریقه روباز**
- در زمینه طراحی روش استخراج معدن لازم به ذکر است که معادن به دو طریق زیرزمینی و روباز استخراج می شوند.
- هرگاه توده ماده معدنی درنزدیکی سطح زمین قرار داشته باشد و ضخامت مواد باطله و خاک و سنگ های پوشاننده آن چندان زیاد نباشد می توان با برداشتن این مواد به ماده معدنی دست یافت و آن را استخراج کرد. این طریقه بهره برداری از کانسار را معدن کاری به طریقه روباز می نامند.

- معدن روباز در حال استخراج، گودال بزرگی است که دیواره های اطراف آن به صورت پلکانی است و حفاری در آن از سطح زمین به طرف پاایین صورت می گیرد.

- طراحی معادن روباز بسیار پیچیده تر از آن است که در ظاهر نشان می دهد. در اینجا شیب و ارتفاع دیواره ها و پلکانها با دقت محاسبه می شود
- و برای مناطقی که در آنها زمین سست و ریزشی باشد شیب کمتری در نظر گرفته می شود.
- امروزه بسیاری از معادن دنیا به روش روباز استخراج می شوند و تعداد آنها در سراسر جهان روز به روز در حال افزایش است.
- زیرا طریقه روباز نسبت به روشهای استخراج زیرزمینی مزایای زیادی دارند، مثلا محدودیت فضا در آنها وجود ندارد و می توان از ماشین آلات بزرگ و سنگین با راندمان حفاری و حمل و نقل بالا استفاده کرد. همچنین هزینه هایی مانند تأمین روشنایی، هوا رسانی و نگهداری سقف و دیواره کارگاهها و تونلها در آن وجود ندارد، در عین حال ایمنی کار نیز به مراتب بیشتراست.
- در ایران نیز تعداد زیادی معدن روباز وجود دارد که بزرگترین آنها معدن آهن چغارت و معدن مس سرچشمه کرمان است. حفاری یا کندن سنگ ها معمولاً با استفاده از مواد منفجره صورت می گیرد.

معدن آهن چغارت



معدن مس سرچشمه کرمان



- طرز عملیات به این ترتیب است که ابتدا با دستگاه های حفاری چال زنی سوراخ های موسوم به چال با عمقی معادل ارتفاع پله و به فواصل معین و در ردیف های موازی پله، حفر می شوند.
- این چال ها سپس با مواد منفجره مانند دینامیت یا باروت پر می شوند و به دنبال آن چال ها را منفجر می کنند.
- معدن کاران عملیات انفجار چال ها را آتش کاری می گویند که در نتیجه آن مواد معدنی و سنگ های اطراف محل انفجار کنده می شوند.
- حجم عملیات آتش کاری در معادن روباز زیاد است و مقدار زیادی ماده منفجره به یکباره منفجر می شود و حجم عظیمی از سنگ و خاک به هوا پرتاب می شود

طرز کار معادن روباز

- پس از انجام عملیات آتش کاری، بارگیری و حمل و نقل سنگ ها و مواد معدنی صورت می گیرد که طی آن مواد خرد شده توسط وسایل بارگیری مانند لودر یا بیل های مکانیکی به داخل کامیون های معدنی که معمولاً ظرفیت زیادی دارند ریخته می شود و به بیرون معدن حمل میگردد. برای بارگیری مواد معدنی در مواردی از نوار نقاله و راه آهن نیز استفاده می شود.
- علاوه بر کاربرد وسایل مذکور، در مواقعی که فاصله بین معدن و کارخانه کانه آرایی کوهستانی باشد و احداث جاده یا خط آهن به آسانی امکان پذیر نباشد می توان از واگن های نقاله هوایی استفاده کرد.
- در بعضی از کانسارها که جنس سنگ های باطله از خاک های نسبتا نرم است و خود ماده معدنی نیز سختی چندانی ندارد، به جای استفاده از مواد منفجره برای برداشت خاک و ماده معدنی، از ماشین های حفاری مخصوصی که اکسکاواتور نام دارند استفاده می شود.





ب الف

الف- کامیون و بیل مکانیکی، ب- اکسکاواتور

استخراج معادن زیر زمینی

- در شرایطی که ماده معدنی در اعماق زمین واقع شده باشد استخراج آن به طریقه زیرزمینی انجام می شود. در این گونه موارد خروج مواد از داخل زمین از طریق تونل یا چاه صورت می پذیرد. طراحی معادن زیرزمینی به مراتب پیچیده تر و شرایط کار کردن در آنها بسیار سخت تر از معادن روباز است.
- در معادن زیرزمینی عملیات استخراجی مستلزم وجود راهروها و معابری در زمین می باشد که ممکن است به صورت قائم یا مایل و یا افقی حفر شوند. پس از آنکه از طی این راهروها که به شکل چاه یا تونل مورب یا تونل افقی هستند به ماده معدنی دسترسی پیدا شد در آنجا کارگاه استخراج معدن احداث می شود.
- سنگ ها و مواد معدنی از کارگاه استخراج کنده شده، به راهروهای باربری انتقال می یابند و از آنجا با وسایل حمل و نقل به بیرون حمل می شوند و در انبارهای مخصوص و یا در محل های روباز برای انتقال بعدی انباشته می شوند.

- پس از حفر راهروها و کارگاه های زیرزمینی اغلب ممکن است زمین و سنگ های اطراف ریزشی باشند و نتوانند مدت زیادی به حالت تعادل باقی بمانند. در نتیجه پس از گذشت زمان معینی ممکن است شروع به ریزش کنند و حفاری های معدن را مسدود نمایند.
- از این جهت ضروری است که با وسایل و استحکامات مخصوص فضاهای خالی شده زیرزمینی را در مقابل ریزش نگهداری کرد، اگرچه در مواردی مثل تونل هایی که در سنگهای محکم حفر شده نیاز چندانی به وسایل نگهداری نیست، ولی در حالت کلی نصب وسایل نگهداری بسیار ضروری است.
- برای نگهداری در قسمتهای مختلف معدن از روش ها و وسایل متنوعی که مناسب با نیاز کار است استفاده می شود. به طور معمول تونل های معدن را به وسیله ی چوب بست نگهداری می کنند.





© THOMAS SCHNEIDER/IMAGEBROKER
IBR-903266 - agefotostock

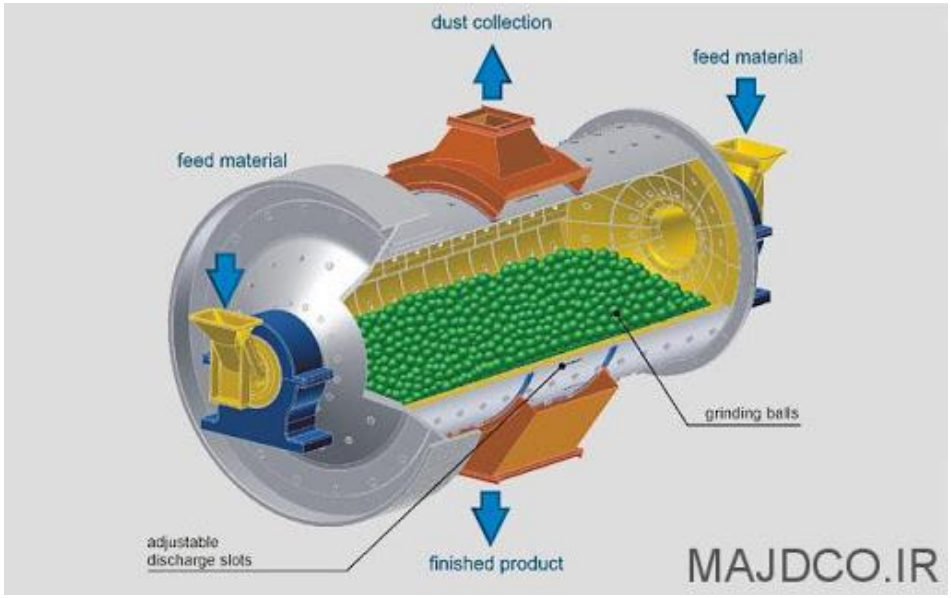
خردایش وآسیا کردن

- هنگام استخراج اولیه سنگ معدن، اندازه قطعات استخراج شده ممکن است به۱–۱,۲۵ متر برسد. این سایز بسیار بزرگ است و باید برای انجام عملیات بعدی از قبیل آگلموراسیون وکنسانتره سازی کوچک شود.
- علاوه براین با انجام خردایش می توان به اندازه نسبتا یکنواختی برای قطعات دست یافت.
- عمل خردایش توسط سنگ شکن ها صورت می گیرد. معمولا خردایش اولیه در محل معدن صورت میگیرد و توسط سنگ شکن های ثانویه اندازه خاکه باز هم کاهش پیدا می کند و به حدود ۳۵ تا ۳۷ میلیمتر می رسد..

شکل های زیر نمای شماتیک سنگ شکن فکی و آسیای گلوله ای مورد استفاده در خردایش و آسیا کردن سنگ آهن را نشان می دهد.



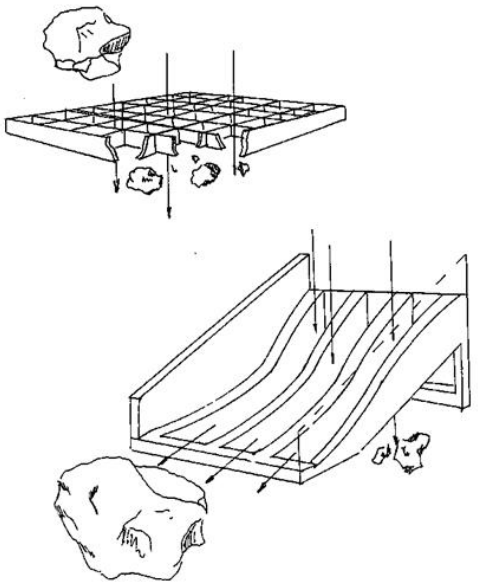
سنگ شکن فکی

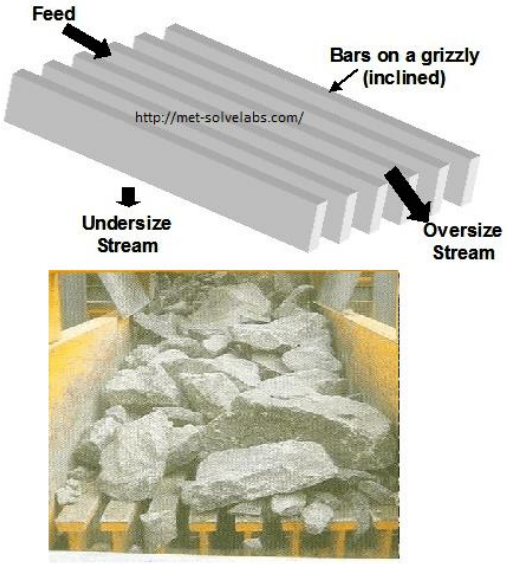


سنگ شکن گلوله ای

دانه بندی

- این مرحله با هدف به دست آوردن ذرات خاکه با اندازه یکنواخت صورت می گیرد. دستگاه های مورد استفاده در این مرحله بستگی به اندازه و شرایط خاکه دارد. برای مثال می توان از گریزلی grizzly استفاده کرد.
- سرند گریزلی این دستگاه مناسب جهت تفکیک مواد ریز دانه از سنگ طراحی گردیده و معمولا جهت استفاده بهینه از ظرفیت سنگ شکنهای فکی مورد استفاده قرار گرفته و باعث استفاده حداکثری از ظرفیت سنگ شکن می گردد.





پرعیار سازی

- عملیات استحصال فلزات از کانه مورد نظر معمولا به کمک یک یا چند پروسه فیزیکی و شیمیایی صورت می گیرد. هر قدر عیار ماده ای که تحت این پروسه قرار می گیرد بالاتر باشد مقدار مواد اضافی و باطله همراه آن کمتر می شود.
- با توجه به انکه عملیات شیمیایی هزینه زیادی دارند اگر بتوان با روش های ارزانتر فیزیکی قسمتی از مواد باطله را از سیستم خارج کرد صرفه جویی زیادی در هزینه ها صورت می گیرد.

- برای پرعیار سازی خاکه های فلزات روش های متعددی وجود دارد که مهم ترین روش ها عبارتند از:
  - روش مغناطیسی
  - روش وزنی
  - روش فلو تاسیون

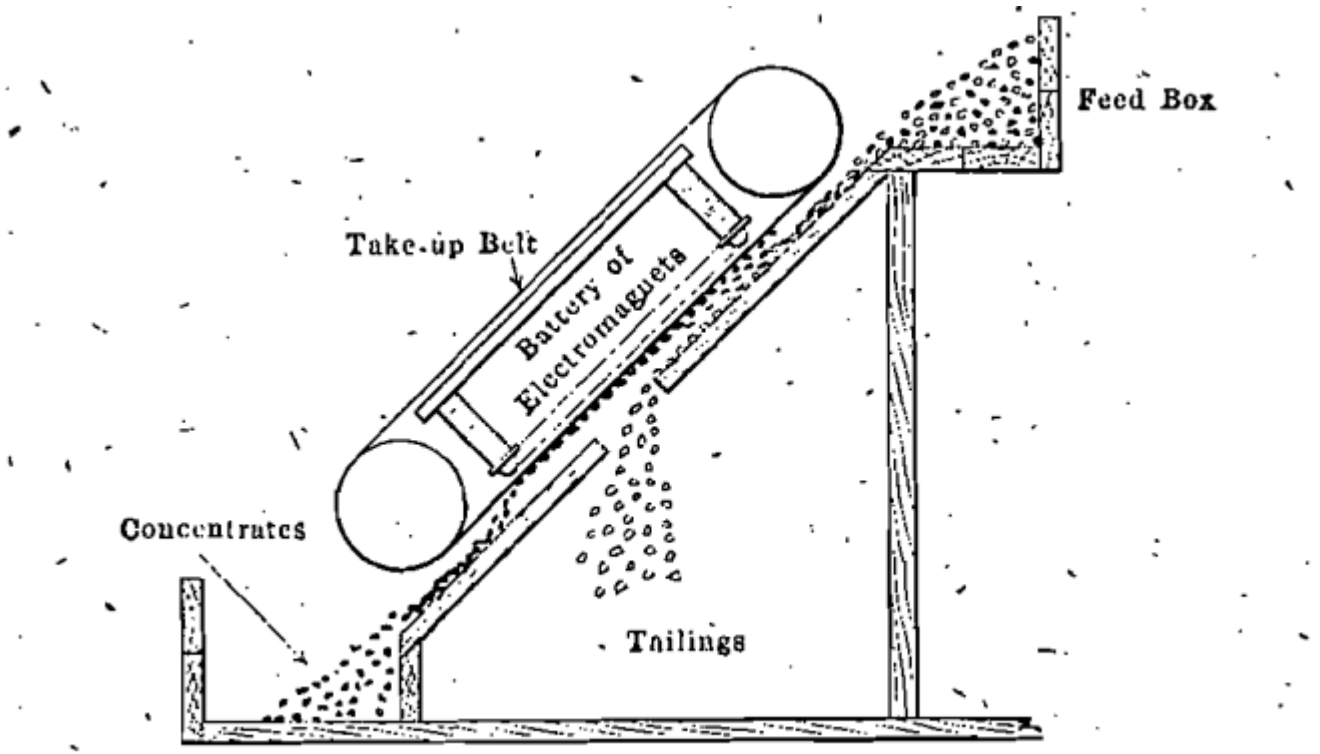
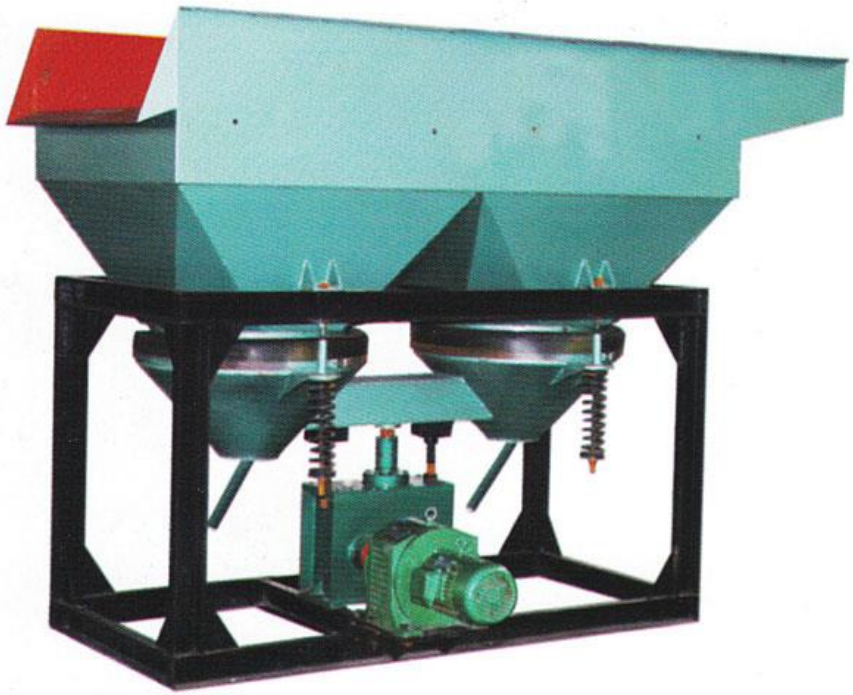


FIG. 2.—EXPERIMENTAL BALL-NORTON BELT SEPARATOR, 1888.

پرعیار سازی– روش وزنی

- در این روش از تفاوت چگالی بین کانه ارزشمند و مواد گانگ برای جداکردن آنها استفاده می شود.
- دستگاه های متنوعی برای انجام این کار وجود دارند از قبیل جیگ ها یا کلاسیفایرها
- شکل زیر نمای یک جیگ را نشان می دهد.



- اساس کار جیگ ها بر همین اختلاف در سرعت سقوط استوار است ،در جیگ ها باقرار دان دانه های مواد معدنی داخل آب و ایجاد حرکت نوسانی در آب بطوری که یک شرایطی شبیه سقوط ذرات در داخل سیال را به تکرار انجام شود، عمل جدایش صورت می گیرد.

روش فلوتاسیون -پرعیار سازی

- در این روش از تفاوت خواص سطحی مواد موجود در خاکه برای جداکردن انها استفاده می شود.
- معمولا خاکه مورد نظر به صورت پالپ بداخل محفظه های فلوتاسیون ریخته می شود. افزودن نوع و یا انواع مناسب کالکتور باعث هیدروفوب شدن کانه ارزشمند می گردد.
- ذرات هیدروفوب شده به حباب های هوا که از پایین بداخل سیستم دمیده شده اند متصل می گردند و رو به بالا می روند. مواد باطله در پایین محفظه جمع می شوند. افزودن مواد کف ساز باعث پایداری کف بدست آمده می شود. با جمع آوری کف بدست آمده که در بالای محفظه قرار می گیرد کنسانتره ای با عیار بالا به دست می آید.

پیرومتالورژی

پیرومتالورژی یا متالورژی آتش به استحصال فلزات که در دماهای بالا صورت می‌گیرد،اطلاق می‌شود.

آزمایشگاه پیرومتالورژی شامل روشهای آماده سازی و تولید و تصفیه فلزات می‌باشد که:

آماده سازی‌های نمونه: شامل گندله‌سازی، کلوخه سازی(زینتر) تشویه و تکلیس.

تولید فلزات در پیرومتالورژی به روش احیا صورت می‌گیرد که شامل احیاء سنگ معدن آهن با کربن ، تولید آهن با روش احیاء مستقیم- تهیه سرب به روش احیاء و تولید فروآلیاژها (سیلیکومترمی و آلومینیوترمی)

تصفیه فلزات که شامل تصفیه سرب از مس و تصفیه سرب از نقره می‌باشد.

هیدرومتالورژی

- هیدروومتالورژی یک فرآیند استخراجی است که با استفاده از محلول‌ها، فلزات را از سنگ‌های معدنی و یا منابع دیگر استخراج می‌کند.
- هیدرومتالورژی یکی از تکنیک‌های متالورژی استخراجی است که با استفاده از محلول‌های شیمی، فلزات را از سنگ‌های معدنی بدست می‌آورند.
- هیدرومتالورژی یک تکنولوژی گسترده و وسیع در زمینه تولید فلزات و یک بخش جدایی ناپذیر از تعداد زیادی از فرآیندهای متالورژی است. این روش با مطالعات و فناوری‌های جدید توانسته تا راه بهتری را برای استخراج فلزات ارائه دهد.

- هیدرومتالورژی شامل سه فرآیند است:

لیچینگ

- لیچینگ شامل روش‌هایی است که در آن از محلول‌هایی استفاده می‌کنند تا فلزات درون سنگ‌های معدنی را بیرون بکشند. شایع‌ترین محلولی‌هایی که برای لیچینگ استفاده می‌شوند، اسید سولفوریک رقیق و هیدروکسید سدیم هستند.
- شایان ذکر است که عملیات لیچینگ در مقایسه با پیرومتالورژی، آسانتر انجام می‌گیرد و کمتر خطرناک است، چراکه گازی خطرناکی تولید نمی‌کند.

جداسازی ناخالصی‌ها و تغلیظ

- بعد از انجام عملیات لیچینگ، محلول تصفیه شده باید تغلیظ شود تا غلظت یون‌های فلزی آن برای استخراج به یک حد نرمال و استاندارد برسند. همچنین گاهی در محلول یون‌های فلزی نامطلوبی وجود دارند که باید از محلول پاک شوند.

استخراج فلز

- در این مرحله که فرآیند آخر است فلز از محلول استخراج می‌شود

هیدرومتالورژی مس

- هزینه سرمایه‌گذاری در فرآیند هیدرومتالورژی کنسانتره مس به‌خصوص در ظرفیت‌های پایین، کمتر از تکنولوژی پیرومتالورژی برای ذوب و پالایش برآورد شده است.
- اما این روش نسبت به پیرومتالورژی دارای بازیابی کمتر مس و ضعف اقتصادی بیشتر است.
- روش‌های متفاوتی برای لیچینگ کنسانتره‌های مسی وجود دارند که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. لیچینگ تحت فشار
۲. لیچینگ کلریدی
۳. لیچینگ آمونیاکی

۱- لیچینگ تحت فشار: افزایش دما و فشار، حلالیت اکسیژن در محلول را بالا می‌برد و سینتیک واکنش‌هایی که در شرایط اتمسفر آرام هستند را بیشتر می‌کند؛ بنابراین سبب تسریع فرآیند لیچینگ خواهند شد. لیچینگ تحت فشار در حال حاضر در سه نقطه جهان شامل مورنسی آمریکا، کانسانشی زامبیا و در کشور لائوس استفاده می‌شود.

۲- لیچینگ کلریدی: اساس این فرآیند بر انحلال کنسانتره توسط اسید سولفوریک و حضور یون کلرید در نقش کاتالیزور اجرا می‌شود.

۳-لیچینگ آمونیاکی: این فرآیند بر پایه استفاده از آمونیاک و نمک‌های آمونیومی با هدف انحلال استوار شده است. این فرآیند لیچینگ در ابتدا برای کانه‌های اکسیدی مس و مس طبیعی استفاده می‌شد و سپس برای استخراج فلزات دیگری چون نیکل، کبالت، طلا، نقره، روی، کادمیوم و کانی‌های سولفیدی مس (همراه با عامل اکسیدکننده) نیز به‌کار گرفته شد.

- لیچینگ آمونیاکی که ابتدا در اواخر قرن بیستم به‌کار رفت، به سرعت با شکست مواجه شد چراکه آمونیاک ماده فراری به‌شمار می‌رود و بازیابی آن را با دشواری همراه می‌کند.

آشنایی با وسایل آزمایشگاهی

- **https://blog.faradars.org/%D9%84%D9%88%D8%A7%D8%B2%D9%85-%D8%A2%D8%B2%D9%85%D8%A7%DB%8C%D8%B4%DA%AF%D8%A7%D9%87-%D8%B4%DB%8C%D9%85%DB%8C/**