به نام خدا

۱۳۷۶ /۱/ ۱۹

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
شعبه مدارک

دانشگاه تهران – دانشکده فنی

گروه معدن

پایان نامه کارشناسی ارشد

طراحی کارخانه ۳۰۰۰ تنی کانه آرایی سرب و روی کوشک

استاد راهنما:

دکتر اولیاء زاده

تهیه کننده :

محمود رعیتی

۰۰۱۰۳۲

پاییز ۱۳۷۵

۸۲۰۰

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	
چکیده	
فصل ۱	۱
۱- فرآوری کانسنگ سرب و روی کوشک	۲
۱-۱- وضعیت معدن و کارخانه فرآوری کوشک	۲
۱-۲- نمونه‌برداری از زونهای مختلف مادهٔ معدنی	۵
۱-۲-۱- نمونه‌برداری از معدن زیرزمینی	۵
۱-۲-۲- نمونه‌برداری از معدن روباز	۵
۱-۲-۳- نمونه‌برداری از خوراک ورودی به کارخانه	۶
۱-۲-۴- تهیه نمونه برای آزمایشهای فلوتاسیون	۶
۱-۳- کانی شناسی	۷
۱-۴- فرآوری کانسنگ کوشک	۹
۱-۴-۱- تجزیه سرندی نمونه	۹
۱-۴-۲- آزمایش‌های فرآوری	۹
۱-۴-۳- خردایش و دانه‌بندی	۱۱
۱-۴-۴- شرایط محیطی فلوتاسیون	۱۳
۱-۴-۵- داروهای شیمیایی	۱۴
۱-۴-۶- زمان آماده‌سازی	۱۶
فصل ۲	۱۸
۲- طراحی کارخانه فرآوری	۱۹
۲-۱- مسیر کانه‌آرائی کارخانهٔ کوشک	۱۹
۲-۲- موازنه جرمی	۲۲

۸۲۰۰

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۲-۳- انتخاب سنگ‌شکن‌ها و طراحی مسیر	۲۸
۲-۳-۱- اصول طراحی و انتخاب سنگ‌شکنها	۲۸
۲-۳-۲- سنگ‌شکن اولیه	۳۱
۲-۳-۳- سنگ‌شکن ثانویه	۳۹
۲-۳-۴- سنگ‌شکن ثالثیه	۴۳
۲-۴- انتخاب نوار نقاله	۴۷
۲-۵- فیدر	۵۶
۲-۶- سرند	۵۹
۲-۶-۱- چگونگی انتخاب سرند	۵۹
۲-۶-۲- انتخاب سرند	۶۸
۲-۷- انبار ذخیره سنگ	۷۱
۲-۸- اصول طراحی و انتخاب آسیاها و طراحی مسیر	۷۳
۲-۸-۱- چگونگی انتخاب ابعاد آسیا	۷۶
۲-۸-۱-۱- روش اول	۷۶
۲-۸-۱-۲- روش دوم	۸۰
۲-۸-۱-۲- توزیع دانه‌بندی محصول آسیا	۸۱
۲-۸-۳- بار خردکننده	۸۲
۲-۸-۴- انتخاب آسیا و طراحی مسیر	۸۵
۲-۸-۴-۱- طراحی آسیا میله‌ای	۸۵
۲-۸-۴-۲- طراحی آسیا گلوله‌ای	۹۰
۲-۸-۴-۳- انتخاب آسیا براساس وزن بار خردکننده	۹۲
۲-۸-۴-۴- توزیع دانه‌بندی محصول آسیا گلوله‌ای	۹۳

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۲-۸-۴-۵- توزیع ابعادی بار خردکننده	۹۴
۲-۸-۵- آسیا مجدد	۹۵
۲-۸-۵-۱- آسیا مجدد سرب	۹۵
۲-۸-۵-۲- آسیا مجدد روی	۹۸
۲-۹- هیدروسیکلون‌ها	۱۰۲
۲-۹-۱- اصول طراحی و انتخاب هیدروسیکلونها	۱۰۲
۲-۹-۲- انتخاب هیدروسیکلون	۱۰۳
۲-۱۰- آماده‌ساز	۱۰۶
۲-۱۱- اصول طراحی و انتخاب سلولها	۱۰۸
۲-۱۱-۱- محاسبه حجم کل سلولهای فلوتاسیون	۱۰۸
۲-۱۱-۱-۱- زمان ماند	۱۰۸
۲-۱۱-۱-۲- سینتیک فلوتاسیون	۱۰۹
۲-۱۱-۱-۲- افزایش مقیاس	۱۱۱
۲-۱۱-۱-۳- آزمایش سینتیک فلوتاسیون	۱۱۳
۲-۱۱-۱-۴- سینتیک فلوتاسیون سرب	۱۱۴
۲-۱۱-۱-۵- سینتیک فلوتاسیون روی	۱۲۰
۲-۱۱-۲- حجم سلول	۱۲۵
۲-۱۱-۳- تعداد سلول‌ها	۱۲۷
۲-۱۱-۴- سلولهای بخش فلوتاسیون سرب	۱۲۸
۲-۱۱-۵- سلولهای بخش فلوتاسیون روی	۱۳۱
۲-۱۲- اصول طراحی و انتخاب تیکنر	۱۳۵
۲-۱۲-۱- انتخاب تیکنر	۱۳۷

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۲-۱۳- اصول انتخاب فیلترها	۱۳۹
۲-۱۳-۱- روش اول	۱۳۹
۲-۱۳-۲- روش دوم	۱۳۹
۲-۱۳-۲-۱- فیلتر سرب	۱۴۰
۲-۱۳-۲-۲- فیلتر روی	۱۴۴
۲-۱۴- اصول انتخاب پمپ‌ها	۱۴۶
فصل ۳	۱۴۹
۳- طراحی کارخانه فرآوری توسط نرم‌افزار یوزیم‌پک	۱۵۰
مقدمه	۱۵۰
۳-۱- الگوریتم‌های شبیه‌سازی	۱۵۱
۳-۱-۱- شبیه‌سازی مستقیم	۱۵۱
۳-۱-۲- شبیه‌سازی برگشتی	۱۵۲
۳-۱-۳- شبیه‌سازی با متغیرهای پیش‌برنده	۱۵۳
۳-۱-۴- الگوریتم موازنهٔ جرمی	۱۵۵
۳-۱-۵- محاسبهٔ هزینهٔ تجهیزات	۱۵۹
۳-۲- شناسائی روشهای طراحی	۱۶۰
۳-۲-۱- طراحی اولیه (بررسی امکان‌سنجی مقدماتی طرح)	۱۶۰
۳-۲-۲- بهینه‌کردن یک فلوشیت	۱۶۲
۳-۲-۳- طراحی کارخانه صنعتی با استفاده از نتایج آزمایشهای نیمه‌صنعتی	۱۶۳
۳-۱-۴- مقدمه	۱۶۴
۳-۲-۴- شرح فازهای قابل انعطاف	۱۶۴
۳-۲-۴-۱- فازکانه	۱۶۵

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۳-۲-۴-۲- فاز جامد	۱۶۸
۳-۲-۴-۳- فاز مایع و گاز	۱۶۹
۳-۳- مدلها	۱۷۱
۳-۳-۱- مدلهای طبقهٔ صفر	۱۷۱
۳-۳-۱-۱- مخلوط کن	۱۷۲
۳-۳-۱-۲- جداکننده جامد از مایع	۱۷۲
۳-۳-۱-۳- تقسیم‌کننده جریان - براساس درصد تعیین شده	۱۷۲
۳-۳-۱-۴- تقسیم‌کننده جریان براساس دبی جریان	۱۷۳
۳-۳-۱-۵- تنظیم‌کننده دانسیته	۱۷۳
۳-۳-۱-۶- تنظیم‌کننده حجمی	۱۷۴
۳-۳-۲- تجهیزات مدل‌های طبقهٔ صفر	۱۷۴
۳-۳-۲-۱- سنگ‌شکن فکی (مدل صفر)	۱۷۴
۳-۳-۲-۲- سنگ‌شکن فکی با نرمه	۱۷۵
۳-۳-۲-۳- سنگ‌شکن ژیراتوری	۱۷۵
۳-۳-۲-۴- سنگ‌شکن مخروطی	۱۷۵
۳-۳-۲-۵- سنگ‌شکن مخروطی سیمونز	۱۷۷
۳-۳-۲-۶- کلاسیفایر مدل صفر A	۱۷۷
۳-۳-۲-۷- کلاسیفایر مدل صفر B	۱۷۸
۳-۳-۲-۸- منحنی دانه‌بندی هر ترکیب	۱۷۹
۳-۳-۲-۹- کلاسیفایر کامل مدل صفر	۱۷۹
۳-۳-۲-۱۰- آسیا مدل صفر A	۱۸۰
۳-۳-۲-۱۱- آسیا مدل صفر B	۱۸۱

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۳-۳-۲-۱۲- هیدروسیکلون کامل مدل صفر	۱۸۲
۳-۳-۲-۱۳- هیدروسیکلون مدل صفر A	۱۸۲
۳-۳-۲-۱۴- هیدروسیکلون مدل صفر B	۱۸۶
۳-۳-۳- مدل‌های طبقهٔ ۱	۱۸۳
۳-۳-۳-۱- سرند مدل یک A	۱۸۳
۳-۳-۳-۲- سرند مدل یک B	۱۸۶
۳-۳-۳-۳- کلاسیفایر مارپیچی و پاروئی مدل یک	۱۸۸
۳-۳-۳-۴- آسیا میله‌ای مدل یک	۱۹۱
۳-۳-۳-۵- آسیا گلوله‌ای مدل یک	۱۹۳
۳-۳-۳-۶- هیدروسیکلون مدل یک	۱۹۸
۳-۳-۳-۷- سیکلون هوا مدل یک	۲۰۱
۳-۳-۳-۸- سلول سایش مدل یک	۲۰۵
۳-۳-۴- مدلهای طبقهٔ ۲	۲۰۷
۳-۳-۴-۱- آسیا میله‌ای مدل ۲	۲۰۷
۳-۳-۴-۲- آسیا گلوله‌ای مدل ۲	۲۰۸
۳-۳-۴-۳- هیدروسیکلون مدل ۲	۲۱۰
۳-۳-۵- مدلهای طبقهٔ ۳	۲۱۴
۳-۳-۵-۱- آسیا میله‌ای مدل ۳	۲۱۴
۳-۳-۵-۲- آسیا گلوله‌ای مدل ۳	۲۱۵
۳-۴- جداکننده‌ها	۲۱۸
۳-۴-۱- جداکننده‌های مدل صفر	۲۱۸
۳-۴-۱-۱- فلوتاسیون مدل صفر	۲۱۸

فهرست مطالب

صفحه | عنوان

۳-۴-۲- جداکننده‌های مدل یک ۲۱۹

۳-۴-۳- جداکننده‌های مدل ۲ ..... ۲۲۰

۳-۴-۳-۱- آماده‌ساز مدل ۲ ..... ۲۲۰

۳-۴-۳-۲- فلوتاسیون مدل 2A ۲۲۱

۳-۴-۳-۳- فلوتاسیون مدل 2B ۲۲۲

۳-۵- روشی برای تعیین ماتریکس خردایش ۲۲۶

۳-۵-۱- تجهیزات آزمایشگاهی ۲۲۶

۳-۵-۲- آماده‌سازی نمونه ۲۲۶

۳-۵-۳- زمان خردایش ۲۲۶

۳-۵-۴- مدلسازی ماتریکس خردایش ۲۲۷

۳-۶- روشی برای تعیین زمان ماند مواد در آسیا ۲۲۸

۳-۶-۱- طریقهٔ تجربی ۲۲۸

۳-۶-۲- بکارگیری اطلاعات تجربی ۲۲۹

۳-۷- طراحی کارخانهٔ ۳۰۰۰ تنی سرب و روی کوشک توسط نرم‌افزار یوزیم پک ۲۳۱

۳-۷-۱- فلوشیت ۲۳۱

۳-۷-۲- فازها ۲۳۱

۳-۷-۳- شرح مسیرها ۲۳۱

۳-۷-۴- شرح تجهیزات ۲۳۱

۳-۷-۵- هزینهٔ سرمایه‌گذاری ۲۳۳

- نتیجه‌گیری ۲۳۴

۴- منابع مآخذ ۲۴۰

۵- ضمیمهٔ ۱ ..... ۲۴۲

۶- ضمیمهٔ ۲ .....

چکیده

وضعیت کانسار

کانسار سرب و روی کوشک به صورت یک عدسی با شیب ۴۰ درجه، طول ۱۰۰۰ و عرض ۲۰۰ متر می‌باشد این کانسار از نوع سولفوره است و کانیهای اصلی آن گالن، اسفالریت، پیریت می‌باشد. مجموع ذخائر باقیمانده سرب و روی این کانسار حدود ۱۱ میلیون تن است. عیار سرب و روی به ترتیب ۲ و ۷ درصد می‌باشد.

فرآوری کانسنگ

مناسب‌ترین روش فرآوری، فلوتاسیون و حد خردایش کانسنگ تا ۷۴ میکرون است در فلوتاسیون از پتاسیم امیل و اتیل اگزانتات به عنوان کلکتور، سیانور سدیم و یا ترکیب سیانور سدیم با سولفات آهن برای بازداشت پیریت در هنگام فلوتاسیون سرب و از سولفات مس برای فعال‌سازی سطح اسفالریت استفاده شده است.

نتایج آزمایشهای فلوتاسیون نشان می‌دهد که دستیابی به کنسانتره سرب با عیار ۵۰ و روی کمتر از ۶ درصد با بازیابی ۵۰-۶۰ درصد و کنسانتره روی با عیار روی ۵۰ و سرب کمتر از ۳ درصد و بازیابی ۷۴-۷۰ درصد سهل‌الوصول خواهد بود.

طراحی فلوشیت

طراحی فلوشیت براساس اطلاعات آزمایشگاهی و همچنین عملکرد کارخانهٔ فعلی کوشک صورت گرفت، براساس این فلوشیت سنگ‌شکنی در سه مرحله که مرحلهٔ دوم و سوم مدار بسته می‌باشند انجام می‌پذیرد آسیا مواد در دو مرحله که مرحله دوم به صورت مدار بسته صورت می‌گیرد. قبل از فلوتاسیون سرب یک مرحله فلوتاسیون شیل‌زدایی در نظرگرفته شده است. در بخش سرب‌گیری علاوه بر خط اولیه (رافر) و ثانویه (اسکونجر) سه مرحله تمیزکاری (کلینر) برای شستشوی محصول سرب و یک مرحله آسیا مجدد جهت خردکردن محصول اسکونجر و باطله کلینر وجود دارد. در نهایت کنستانتره سرب جهت آبگیری به تیکنر و فیلتر هدایت می‌شود.

در بخش روی، نیز مدار فلوتاسیون از سلولهای اولیه، ثانویه، و سه مرحله تمیزکاری تشکیل شده، در این بخش نیز محصول اسکونجر و باطلهٔ کلینر وارد آسیا مجدد خواهد شد و پس از خردایش، مواد به امتداد خط باز می‌گردند. محصول روی نیز ابتداء به تیکنر و سپس به فیلتر فرستاده می‌شوند.

انتخاب، تجهیزات

انتخاب سنگ‌شکنها براساس ابعاد دهانه ورودی و انرژی لازم برای خردایش با استفاده از قانون باند انجام شد. ظرفیت سنگ‌شکنها و ابعاد خروجی از سنگ‌شکن از پارامترهای کنترلی می‌باشد.

انتخاب آسیا با استفاده از محاسبهٔ انرژی لازم برای خرد کردن مواد از ابعاد اولیه (F) تا رسیدن به محصولی با ابعاد (P) صورت پذیرفته است. همچنین انتخاب این آسیاها براساس وزن بار خرد کننده (گلوله و میله) نیز صورت گرفته است.

برای انتخاب حجم و تعداد سلولهای فلوتاسیون، از محاسبه زمان ماند با استفاده از دستیابی به سینتیک فلوتاسیون سرب و روی استفاده شده است. همچنین برای تعیین سطح تیکنرهای کنسانترهٔ سرب، روی و باطله از اطلاعات موجود استفاده شد و براساس نتایج آنها تیکنرها انتخاب گردیدند.

انتخاب فیلترهای سرب و روی براساس اطلاعات تجربی ارائه شده از سوی کارخانهٔ سازنده (دنور - سالا) صورت گرفت.

طراحی توسط کامپیوتر

طراحی کارخانهٔ سرب و روی کوشک توسط برنامهٔ کامپیوتری «یوزیم‌پک» نیز انجام گرفت. در این طراحی از الگوریتم «طراحی مستقیم» استفاده شده است. تجهیزات استفاده شده در این طراحی مدل صفر و یک می‌باشد. فازهای تعریف شده، فازکانه و آب می‌باشد که فازکانه شامل ۱۲ دسته دانه‌بندی و چهار ترکیب گالن، اسفالریت، شیل کربن‌دار و گانگ می‌باشد. فلوشیت، مشابه فلوشیت مرحلهٔ قبل است و برای طراحی سلولها از زمان نیمه فلوتاسیون که از آزمایشهای فلوتاسیون استخراج شده استفاده شده است.

مقدمه

پروژهٔ طراحی کارخانه فرآوری سرب و روی کوشک به ظرفیت ۳۰۰۰ تن در روز از طرف شرکت معادن بافق پیشنهاد گردید.

در این طراحی ابتداء براساس آزمایش‌های ناپیوسته و بررسی عملکرد کارخانهٔ تغلیظ موجود در کوشک فلوشیت کارخانه، طراحی و سپس با استفاده از قانون بقاء جرم، موازنهٔ جرمی مسیرها محاسبه گردید.

انتخاب تجهیزات این کارخانه براساس روابط و مدلهای ارائه شده دربارهٔ طراحی و انتخاب وسایل کانه‌آرائی و توصیه‌های سازندگان انجام پذیرفت.

در این کارخانه علاوه بر روش دستی از نرم‌افزار «یوزیم پک» نیز استفاده گردید، این نرم‌افزار قادر به شبیه‌سازی کارخانه‌های کانه‌آرائی می‌باشد. برای طراحی در این برنامه، طراحی مسیر (فلوشیت) بایستی قبلاً صورت گرفته باشد.

این نرم‌افزار علاوه بر محاسبهٔ موازنهٔ جرمی و انتخاب تجهیزات قادر به محاسبه هزینه سرمایه‌گذاری اولیهٔ طرح نیز می‌باشد.

در اینجا لازم است از کلیهٔ کسانی که در به ثمر رسیدن این پروژه ما را یاری نمودند، به‌خصوص از راهنمائیهای استاد ارجمند جناب آقای دکتر اولیاءزاده تقدیر و تشکر به عمل آید.

محمود رعیتی

شهریور ۷۵

فصل اول

فرآوری کانسنگ سرب و روی گوشک

۱- فرآوری کانسنگ سرب و روی کوشک

۱-۱- وضعیت معدن و کارخانه فرآوری کوشک

معدن سرب و روی کوشک واقع در ۱۶۰ کیلومتری شرق شهرستان یزد، در حوزه رسوبی بافق که تقریباً ۷۰۰ کیلومتر مربع وسعت دارد، قرارگ نه است. امتداد این کانسنگ شمال غرب - جنوب شرق و شیب عمومی آن ۴۰ درجه می‌باشد، طول، عرض و ضخامت کانسار به ترتیب حدود ۱۰۰۰، ۲۰۰ و ۱۰۰ متر است. این معدن از نوع سولفوره بوده و کانیهای عمده آن اسفالریت، گالن، پیریت می‌باشند. کلسیت، ژیپس، کوارتز، شیلهای کربن‌دار جزء کانیهای گانگ این معدن به شمار می‌روند. مجموع ذخایر قطعی سرب و روی با عیار ۲ درصد برای سرب و ۷ درصد برای روی حدود ۱۱ میلیون تن گزارش گردیده است.

استخراج کانسار در این معدن هم‌اکنون به دو روش زیرزمینی و روباز صورت می‌پذیرد.

در معدن زیرزمینی روش طبقات فرعی برای استخراج به کار گرفته شده است. حمل مواد به بیرون از معدن در حال حاضر توسط گزنگ با شیب ۲۰ درجه می‌باشد و در آینده با عمیق‌تر شدن معدن از ترکیب چاه و گزنگ برای حمل مواد استفاده خواهد شد.

بخشی از کانسار در منطقه‌ای به نام پهنوی شمالی دارای شیب ۲۰ تا ۲۵ درجه می‌باشد که به

صورت روباز استخراج می‌شود.

ظرفیت استخراجی هر دو معدن زیرزمینی و روباز به طور مجموع سالانه حدود ۱۴۰۰۰۰ تن بوده است.

- آینده معدن [۱۴]

تا به حال عملیات استخراجی منحصر به قسمتهای پر عیار حاشیه پایینی رگه سرب و روی بوده و از استخراج قسمتهای کم عیارتر در بخشهای فوقانی واقع در شیلهای مینرالیزه چشم‌پوشی شده است. حال آنکه با در نظر گرفتن عیار متوسط ۹ درصد مجموع سرب و روی و بخش پرپریت(بخشی از کانسار که عیار آهن در آن از ۲۵ درصد بیشتر است) ذخیره‌ای بالغ بر ۱۱ میلیون تن خواهد داشت. بر اساس کارهای مقدماتی صورت گرفته این بخش از کانسار را می‌توان به صورت روباز استخراج کرد. برآوردهای مقدماتی نشان می‌دهد که مجموع باطله برداری برای چنین معدنی بسیار پایین بوده و نسبت باطله برداری به ماده معدنی حدود ۳/۶ به ۱ می‌باشد.

- کارخانه فرآوری

کارخانه فلوتاسیون معدن کوشک در سال ۱۳۴۹ با ظرفیت ۴۰۰ تن در روز احداث گردید. در سال ۱۳۶۵ ظرفیت کارخانه از ۴۰۰ به ۶۰۰ تن در روز افزایش داده شد و روش فلوتاسیون نیز از حالت تجمعی به تفریقی مبدل گردید.

اکنون با گذشت بیش از ۲۰ سال از عمر کارخانه، کلیه تجهیزات آن به پایان عمر مفید خود رسیده‌اند و حتی در پاره‌ای از موارد این تجهیزات بکلی از بین رفته‌اند.

عدم کارایی دستگاهها باعث افت راندمان و بالا رفتن هزینه‌های عملیاتی گردیده است. وضعیت ساختمانی این کارخانه بسیار نامطلوب بوده و هر ساله هزینه‌های زیادی صرف تقویت و نگهداری ساختمانها می‌گردد.

به علت عدم تطابق طراحی سنگ‌شکنها با تولیدات معدن روباز (وجود سنگهای درشت، محصول معدن روباز) کاهش شدید راندمان در این بخش به چشم می‌خورد.

از سوی دیگر وضعیت ناپایدار بازار سرب و روی و کاهش قیمت احتمالی این محصولات در سالهای آتی، و سودآوری بیشتر کارخانه‌ها با ظرفیت بیش از ۱۵۰۰ تن در روز [۱۶] همگی نشان‌دهنده ضرورت بررسی طرح احداث کارخانه جدید برای این معدن می‌باشد.

حال با توجه به میزان ذخیره و عمر مفید کارخانه‌های فلوتاسیون که معمولا ۱۰ سال در نظر گرفته می‌شود ظرفیت این کارخانه ۳۰۰ هزار تن در سال در نظر گرفته شده است.