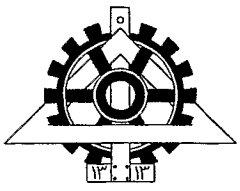
مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
شعبه اراک

بسم اللّه الرّحمن الرّحیم

۴۰۳۳۰



دانشگاه تهران

دانشکده فنی

017016

۱۳۸۱ /۴۲ ۱۷

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مدارک

عنوان

فرآوری آنتیموان کاشمر

نگارش : امیرحسن خودکار

استاد راهنما : دکتر منوچهر اولیازاده

استاد مشاور : دکتر بهزاد مهرابی

۴۰۳۲۰

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در

مهندسی معدن -گرایش فرآوری مواد معدنی

بهمن ۱۳۸۰

موضوع

فرآوری آنتیموان کاشمر

توسط

امیر حسن خودکار

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی معدن گرایش فرآوری مواد معدنی

از این پایان نامه در تاریخ ۸۰/۱۱/۲۰ در مقابل

هیئت داوران دفاع بعمل آمده ومورد تصویب قرار گرفت.

محل امضاء

سرپرست کمیته تحصیلات تکمیلی دانشکده : آقای دکتر بنی هاشمی

مدیر گروه آموزشی : آقای دکتر احمد جعفری

استاد راهنما: آقای دکتر منوچهر اولیازاده

استاد مشاور: آقای دکتر بهزاد مهرابی

داور داخلی: آقای دکتر محمد کلاهدوزان

تقدیم به

مادر عزیزم

چکیده

کانسار آنتیموان کلاته چوبک در حدود ۶۵ کیلومتری شمال کاشمر واقع شده است. هدف از انجام این پایان نامه، شناسایی این کانسنگ و بررسی امکان فرآوری آن با روشهای مرسوم کانه‌آرایی است. این مطالعات با روشهای میکروسکوپی نوری و تجزیه شیمیایی برای تعیین عیار آنتیموان و طلا آغاز و از انواع روشهای ثقلی برای فرآوری ذرات درشت و از روش فلوتاسیون برای تغلیظ ذرات ریز استفاده شد.

در مطالعه فرآوری کانسنگ کلاته چوبک، پس از آنکه نتایج آزمونهای مختلف نشان داد که مقدار طلا در این کانسنگ قابل توجه نیست، عملیات فرآوری بر روی افزایش عیار آنتیموان کانسنگ متمرکز شد. کانی اصلی کانسنگ، سولفید آنتیموان یا استیبنیت است که بهمراه سینابر و اکسید آنتیموان دیده می‌شود. در مقابل، باطله اصلی کلسیت و مقداری دولومیت است.

این کانسنگ محتوی ۲۸/۱۷٪ آنتیموان است که پس از تغلیظ پنج کنسانتره که شامل دو کنسانتره از جیگ (۵۷/۳۴٪ آنتیموان و ۵۸/۵۶٪ آنتیموان)، یک کنسانتره از میز لرزان (۵۰/۶۳٪ آنتیموان) و دو کنسانتره از فلوتاسیون (کنسانتره باطله ثقلی ۴۲/۳۹٪ آنتیموان و کنسانتره بخش ریزدانه ۶۲/۳۷٪ آنتیموان) بدست آمد. با مخلوط کردن کنسانتره‌های جیگ و فلوتاسیون بخش ریزدانه می‌توان یک کنسانتره پرعیار با ۵۹/۴۹٪ آنتیموان و با مخلوط کردن کنسانتره‌های میز لرزان و فلوتاسیون باطله ثقلی می‌توان یک کنسانتره کم عیار با ۴۷/۲۵٪ آنتیموان با راندمان کلی ۹۵/۴۳٪ بدست آورد.

این بازیابی بالا و اینکه با بهینه سازی پارامترهای موثر، برای تولید کنسانتره قابل عرضه نیاز به مراحل شستشو و رمق‌گیری در فلوتاسیون نیست از ویژگی کانسنگ کلاته چوبک کاشمر است و می‌تواند ناشی از عیار بالای کانسنگ، طبیعت و بافت کانی‌شناسی آن باشد.

تقدیر و تشکر

بدین وسیله از آقای دکتر منوچهر اولیازاده استاد محترم که بی شک انجام این پایان نامه را مرهون راهنمائیهای ارزنده ایشان هستم، صمیمانه تشکر می‌نمایم. از آقای دکتر بهزاد مهرابی به سبب مطالعات کانی‌شناسی و راهنمائیهای ایشان بسیار سپاسگزارم.

همچنین از آقای مهندس علی قربانی تکنسین آزمایشگاه کانه آرایی به خاطر کمک های بی شائبه ایشان بسیار سپاسگزارم.

از جناب آقای دکتر محمد کلاهدوزان و دکتر محمد نوع‌پرست که زحمت داوری این پایان نامه را قبول کردند بسیار متشکرم.

از مدیریت محترم و پرسنل محترم شرکت توسعهٔ علوم زمین و آقای مهندس نصیری که در انجام آنالیز شیمیایی نمونه ها نهایت همکاری را به عمل آوردند، تشکر می نمایم.

از تمامی دبیران و اساتید گرامی که در رشد و اعتلای اینجانب و سایر فرزندان این مرز و بوم تلاش نموده و می‌نمایند از صمیم قلب سپاسگزارم.

عنوان | فهرست مطالب | صفحه

چکیده

مقدمه ۱

فصل اول : مشخصات و کاربرد آنتیموان

۱-۱ - بررسی زمین شناسی کانسارهای آنتیموان ۵

۱-۲ - کانی شناسی کانیهای آنتیموان ۸

۱-۳ - کاربرد آنتیموان ۹

۱-۴ - قیمت جهانی و مشخصات کنسانتره آنتیموان ۱۱

فصل دوم : فرآوری آنتیموان

۲-۱ - فرآوری استیبنیت ۱۳

۲-۲ - فرآوری کانیهای آنتیموان - سرب ۲۰

۲-۲-۱ - فرآوری بولانگریت ۲۰

۲-۲-۲ - فرآوری جیمسونیت ۲۲

۲-۳ - فرآوری کانیهای آنتیموان - مس - سرب ۲۴

۲-۳-۱ - فرآوری بورنونیت ۲۴

۲-۴ - فرآوری کانیهای آهن دار آنتیموان ۲۵

۲-۴-۱ - فرآوری گودموندیت ۲۵

۲-۴-۲ - فرآوری برتیریت ۲۷

۲-۵ - فرآوری کانیهای غیرسولفیده ۲۸

۲-۶ - عملیات انتخابی جدایش کانیهای همراه آنتیموان ۲۸

عنوان | فهرست مطالب | صفحه

۲-۶-۱ - جداسازی آرسنیک ۲۹

۲-۶-۲ - استخراج طلا از کانه‌های آنتیموان ۳۱

۲-۶-۳ - تأثیر سایر ناخالصی ها ۳۱

۲-۷ - بازداشت آنتیموان ۳۲

۲-۸ - ذوب و پالایش آنتیموان ۳۳

۲-۸-۱ - روش تشویه کانیهای سولفیده (تهیه اکسید آنتیموان) ۳۴

۲-۸-۲ - تبدیل اکسید آنتیموان به فلز ۳۵

۲-۸-۳ - تولید مستقیم فلز از سولفید ۳۶

۲-۸-۴ - پالایش فلز آنتیموان ۳۶

۲-۸-۵ - تهیه آنتیموان از پالایش سرب ۳۷

فصل سوم : مطالعات مقدماتی بر روی آنتیموان کاشمر

۳-۱ - آماده سازی و آنالیز نمونه ۳۹

۳-۲ - پاراژنز و مطالعات کانی شناسی ۴۱

۳-۳ - محاسبه کمیتهای فیزیکی (وزن مخصوص و اندیس کار باند) ۵۰

۳-۳-۱ - محاسبه وزن مخصوص ۵۰

۳-۳-۲ - محاسبه اندیس کار باند ۵۰

فصل چهارم : فرآوری آنتیموان کاشمر

۴-۱ - تغلیظ ثقلی ۵۲

عنوان | فهرست مطالب | صفحه

۴-۲ - فلوشیت فرآوری ۶۰

۴-۳ - فلوتاسیون ۶۲

۴-۳-۱ - فلوتاسیون باطله ثقلی ۶۲

۴-۳-۲ - فلوتاسیون بخش ریزدانه ۶۴

۴-۳-۳ - بررسی زمان کف گیری در فلوتاسیون ۶۶

۴-۴ - مقایسه فرآوری آنتیموان کاشمر با معادن آنتیموان دنیا ۶۸

۴-۴-۱ - معدن هسیکوانگشان در چین ۶۹

۴-۴-۲ - شرکت دومینیون اکسپلورر در کانادا ۷۰

۴-۴-۳ - کارخانه تولید آنتیموان تورهال در ترکیه ۷۱

۴-۴-۴ - فرآوری آنتیموان کاشمر ۷۳

نتیجه‌گیری ۷۵

منابع ۷۷

پیوست ۱: موقعیت جغرافیایی کانسار ۷۸

پیوست ۲: نتایج آنالیزها ۸۱

چکیده انگلیسی

عنوان | فهرست جدول ها | صفحه

جدول ۱-۱ - مهمترین کانی های آنتیموان ۸

جدول ۲-۱ - تأثیر بازیابی فلوتاسیون به صورت تابعی از اسیدها و نمکهای مورد استفاده ۱۹

جدول ۲-۲ - تأثیر تنظیم کننده های pH بر روی بازیابی بولانگریت ۲۲

جدول ۲-۳ - فلوتاسیون گودموندیت تحت شرایط متغیر ۲۶

جدول ۳-۱ - نتایج آنالیز سرندی ۴۰

جدول ۳-۲ - مقادیر Sb و Au در هر بخش ابعادی ۴۰

جدول ۳-۳ - تفکیک ماده معدنی به چهار بخش ۴۲

جدول ۳-۴ - درجه آزادی بدون ادخال و با ادخال هر بخش ۴۲

جدول ۳-۵ - مقادیر آنالیز کمی آزمایش مایکروپروب نمونه ۴۸

جدول ۴-۱ - شرایط بهینه بخش ۱ در میز لرزان ۵۲

جدول ۴-۲ - شرایط بهینه بخش ۱ در جیگ دنور ۵۲

جدول ۴-۳ - نتایج بخش ۱ در جیگ دنور ۵۳

جدول ۴-۴ - نتیجه نهایی بخش ۱ در جیگ دنور ۵۴

جدول ۴-۵ - شرایط بهینه بخش ۲ در میز لرزان ۵۵

جدول ۴-۶ - نتیجه آزمایش بخش ۲ در جیگ به ازای دبی آب ۱/۶ لیتر در دقیقه ۵۵

جدول ۴-۷ - نتیجه آزمایش بخش ۲ در جیگ به ازای دبی آب ۲/۶ لیتر در دقیقه ۵۵

جدول ۴-۸ - نتیجه آزمایش بخش ۳ در جیگ به ازای دبی آب ۳/۳ لیتر در دقیقه ۵۶

جدول ۴-۹ - نتیجه نهایی بخش ۲ در جیگ دنور ۵۶

جدول ۴-۱۰ - نتیجه آزمایش بخش ۳ در میز لرزان با شیب ۱۰° ۵۸

جدول ۴-۱۱ - نتیجه آزمایش بخش ۳ در میز لرزان با شیب ۱۰/۵° ۵۸

عنوان | فهرست جدول ها | صفحه

جدول ۴-۱۲ - نتیجه آزمایش بخش ۳ در میز لرزان با شیب °۱۱ ..... ۵۹

جدول ۴-۱۳ - نتایج فلوتاسیون باطله ثقلی ۶۳

جدول ۴-۱۴ - نتیجه آزمایش بخش ۴ در مولتی گراویتی ۶۴

جدول ۴-۱۵ - نتایج فلوتاسیون بخش ۴ ..... ۶۵

عنوان | فهرست شکل‌ها | صفحه

شکل ۲-۱ - ساختمان استیبنیت ۱۴

شکل ۲-۲ - تأثیر pH بر روی بازیابی استیبنیت با فعالسازی و بدون فعالسازی ۱۴

شکل ۲-۳ - تأثیر طول زنجیر هیدروکربنی گزنتات بر روی بازیابی استیبنیت ۱۵

شکل ۲-۴ - تأثیر pH بر روی بازیابی آنتیموان در فلوتاسیون استیبنیت با استفاده از لوله هالیموند ۱۶

شکل ۲-۵ - تأثیر میزان مصرف کلکتور بر روی بازیابی آنتیموان در استیبنیت ۱۷

شکل ۲-۶ - تأثیر pH بر روی زاویه تماس استیبنیت، بدون فعالساز و با فعالساز $Pb(NO_3)_2$ ۱۸

شکل ۲-۷ - ساختمان کانی بولانگریت ۲۱

شکل ۲-۸ - ساختمان کانی جیمسونیت ۲۳

شکل ۲-۹ - تأثیر pH بر روی بازیابی جیمسونیت بدون فعالسازی ۲۴

شکل ۲-۱۰ - ساختمان کانی بورنونیت ۲۵

شکل ۲-۱۱ - ساختمان کانی برتیریت ۲۷

شکل ۲-۱۲ - بازیابی اکسید آنتیموان و پتانسیل زتا به صورت تابعی از pH و نوع کلکتور ۲۹

شکل ۲-۱۳ - عملیات پرعیارسازی و جدایش فردبرینکر ۳۰

شکل ۲-۱۴ - تأثیر انواع کلکتور بر بازیابی و جدایش استیبنیت و آرسنوپیریت ۳۱

شکل ۲-۱۵ - تأثیر $K_2Cr_2O_7$ بر نتایج بازیابی در ۲ مورد: ۱ - بازیابی سینابر ۲ - بازیابی استیبنیت ۳۲

شکل ۳-۱ - بلورهای استیبنیت با بافت (crumpled lamellae) در زمینه‌ای از کلسیت ۴۳

شکل ۳-۲ - رشد همزمان بلورهای کلسیت و استیبنیت بصورت تجمع شعاعی ۴۴

شکل ۳-۳ - تصویر میکروسکوپی از بلورهای تیغه‌ای و اتومورف استیبنیت در زمینه‌ای از کلسیت ۴۴

شکل ۳-۴ - بلورهای اتومورف و نیمه اتومورف برتیریت به همراه کلسیت و کوارتز ۴۵

شکل ۳-۵ - تجمع بلورهای سوزنی استیبنیت به همراه سینابر ۴۵

عنوان | فهرست شکل ها | صفحه

شکل ۳-۶ - بلور نیمه اتومورف استیبنیت به همراه سینابر ۴۶

شکل ۳-۷ - بلور گزنومورف برتیریت در زمینه‌ای از کوارتز ۴۶

شکل ۳-۸ - آنتیموان خالص که از حاشیه به اکسید آنتیموان تبدیل می‌شود ۴۷

شکل ۴-۱ - فلوشیت عملیات آزمایشگاهی ۶۱

شکل ۴-۲ - مقادیر کلکتور و فعالساز مورد استفاده در آزمایش های فلوتاسیون باطله ثقلی ۶۲

شکل ۴-۳ - مقادیر کلکتور و فعالساز مورد استفاده در فلوتاسیون بخش ۴ ..... ۶۵

شکل ۴-۴ - بررسی زمان کف گیری بر بازیابی در نقطه بهینه بخش ریزدانه ۶۷

شکل ۴-۵ - بررسی زمان کف گیری بر بازیابی در نقطه بهینه فلوتاسیون باطله ثقلی ۶۸

شکل ۴-۶ - فلوشیت کلی کارخانه هسیکوانگشان ۶۹

شکل ۴-۷ - شمای کلی فلوتاسیون کارخانه هسیکوانگشان ۷۰

شکل ۴-۸ - فلوشیت فلوتاسیون کارخانه دومینیون اکسپلورر ۷۱

شکل ۴-۹ - فلوشیت فلوتاسیون کارخانه تورهال ترکیه ۷۲

شکل ۴-۱۰ - فلوشیت آزمایشگاهی و میزان بازیابی آنتیموان کاشمر ۷۳

فهرست علائم و اختصارات

کوچکتر از ۵۰ مش	-50
بزرگتر از ۵۰ مش	+50
نور پلاریزه	(+)
نور عادی	(-)
آنتیموان	An.
اخرای آنتیموان	An. och.
اکسید آنتیموان	An. ox.
استیبنیت	Stb.
برتیریت	Brt.
سینابر	Cin.
کلسیت	Cc.
تیغه نازک	TS
مقطع صیقلی	PS

مقدمه

آنتیموان[1] فلزی با علامت شیمیایی Sb، به رنگ سفید قلعی، بسیار ترد و خردشونده، با ساختمان بلورین، وزن مخصوص ۶/۶۵ و نقطه ذوب ۶۳۰°C است [۱]. واژه آنتیموان از دو جزء یونانی "آنتی" و "مونوس"[2] تشکیل شده و به معنای فلزی که به ندرت به تنهایی یافت می شود [۲]. آنتیموان معمولاً به صورت یک محصول اصلی یا فرعی از کانه های فلزات پایه است و از قدیمی‌ترین فلزاتی است که بطور پیوسته توسط بشر استفاده شده است. در عهد قدیم (حدود ۴۰۰۰ سال پیش) سولفید طبیعی آنتیموان (استبنیت) شناخته شده بود و بعنوان سرمه برای آرایش چشمها استفاده می شد [۳].

نخستین دانشمندی که درباره روشهای استحصال و گداز آنتیموان مطالعه و اطلاعاتی را ارائه داده است، فردی آلمانی به نام "باسیال والنتین"[3] است که در سده ۱۵ میلادی می زیسته و کانی والنتینیت به فرمول Sb_2O_3 به افتخار او نامگذاری شده است [۲].

رسوب دادن این فلز از سولفید آن با استفاده از آهن توسط ارکر[4] در قرن ۱۷ میلادی ارائه شد و در قرن ۱۸ میلادی روش تشویه مورد استفاده قرار گرفته است. در اوایل دهه ۱۸۳۰ کوره انعکاسی برای ذوب آنتیموان، در سال ۱۸۴۴ فرآیند فراریت (روش فرانسوی) و در سال ۱۸۹۶ فرایند الکترولیز برای تولید آنتیموان مورد استفاده قرار گرفته است.

نوع تجارتی آنتیموان بیشتر بصورت پولکهای نیمه رخدار، تکه های شکسته شده، شمش و گاهی بصورت پودر، پولکهای عدسی شکل و تک بلور عرضه می شود که معمولترین آنها در بازار به ابعاد ۲/۵×۱۰×۱۰ اینچ به اسامی مختلف بلوک، میله یا شمش عرضه می شود که وزن میانگین هر شمش ۶۰ پوند است [۲].

هدف پایان نامه حاضر مطالعه روش مناسب فرآوری کانسار آنتیموان کلاته چوبک کاشمر است. این کانسار در حدود ۶۵ کیلومتری شمال کاشمر و ۳۰ کیلومتری شمال بخش کوه سرخ به مرکزیت ریوش قرار دارد. گسترش طولی کانسار بیش از ۶ کیلومتر است. از دو راه جداگانه می توان به حد شرقی و غربی این ذخیره رسید. کانسار کلاته چوبک در منطقه چلپو واقع است که در شمال شرقی چهارگوش زمین شناسی کاشمر واقع شده

---

1 - Antimony 2 - Anti & Monos 3 - Basial Volentine 4 - Ercker