

فهرست

صفحه

۱- اطلاعات کلی	۱
۱-۱- مقدمه:	۱
۱-۲- تاریخچه:	۱
۱-۳- تاریخچه طلا در ایران :	۳
۱-۳-۱- پیشینه معدن موته:	۴
۱-۳-۲- تاریخچه معدن زرشوران:	۵
۱-۴- کانی شناسی:	۶
۱-۴-۱- کانی های اصلی طلا:	۷
۱-۴-۲- کانی های فرعی طلا:	۹
۱-۵- خواص فیزیکی:	۹
۱-۶- خواص شیمیایی:	۱۰
۱-۷- زمان نیمه عمر:	۱۱
۱-۸- محصولات فرعی (طلا به عنوان یک محصول فرعی):	۱۱
۱-۹- ذخایر طلا و همراهان آن:	۱۲
۱-۱۰- تقسیم بندی کانسارهای طلا:	۱۲
۱-۱۱- تقسیم بندی دیگری از کانسارهای طلا دار	۱۴
۱-۱۱-۱- کانسارهای ماسیو سولفید:	۱۴
۱-۱۱-۲- کانسارهای مس پورفیری طلا دار:	۱۵
۱-۱۲- چگونگی تشکیل کانسارهای طلای اپی ترمال:	۱۶
۱-۱۳- ژئوشیمی طلا:	۱۷
۱-۱۴- حوزه های فلززایی طلای ایران :	۱۸
۱-۱۴-۱- حوزه فلززایی طلا - پلی متال ترود - چاه شیرین:	۱۸
۱-۱۴-۲- حوزه فلززایی طلای مزوترمال مهاباد - مریوان:	۱۸
۱-۱۴-۳- حوزه فلززایی طلا - آرسنیک - جیوه - آنتیموان قروه - تکاب:	۱۹
۱-۱۴-۴- حوزه فلززایی مس، طلا، سرب و روی انارک - خور:	۱۹
۱-۱۴-۵- حوزه فلززایی کاشمر - تربت حیدریه:	۱۹
۱-۱۴-۶- حوزه فلز زایی کرمان - زیرگان:	۱۹
۱-۱۴-۷- حوزه فلززایی طلا، تنگستن، پلی متال بینالود:	۲۰
۱-۱۴-۸- حوزه فلززایی کرومیت، مس توده ای و منگنز در زون درزه سیستان (Zone Sistan)	
۱-۱۴-۹- حوزه فلززایی مس و طلای ده سلم- خوسف:	۲۰
۱-۱۴-۱۰- حوزه فلززایی طلا، آنتیموان، پلی متال خاش - زاهدان:	۲۱

- ۱۵-۱- استخراج معادن طلا: ۲۱
- ۱۶-۱- موارد مصرف طلا: ۲۳
- ۱-۱۶-۱- مصارف درمانی طلا: ۲۶
- ۱-۱۶-۱-۱- مزایا..... ۲۷
- ۱-۱۶-۲- لیزر ۲۸
- ۱-۱۶-۳- دمانسج..... ۲۹
- ۱-۱۷-۱- قیمت جهانی طلا..... ۲۹
- ۲- اطلاعات منطقه: ۳۳
- ۱-۲- مقدمه: ۳۳
- ۲-۲- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی: ۳۳
- ۳-۲- تاریخچه: ۳۳
- ۴-۲- زمین‌شناسی عمومی: ۳۴
- ۲-۴-۱- کانی‌سازی در محدوده لاطلا: ۳۴
- ۲-۵-۱- کانی‌شناسی : ۳۴
- ۲-۵-۱- پیریت ۳۵
- ۲-۵-۲- کالکوپیریت ۳۵
- ۲-۵-۳- گالن ۳۵
- ۳- روشهای فرآوری طلا..... ۳۹
- ۱-۳- روش فیزیکی: ۳۹
- ۱-۱-۳- جدایش ثقلی: ۳۹
- ۱-۱-۱-۳- جیگ ۴۰
- ۲-۱-۱-۳- میز لرزان ۴۱
- ۳-۱-۱-۳- روش های جدید ثقلی ۴۱
- ۲-۳- روش شیمیایی - فیزیکی: ۴۲
- ۱-۲-۳- روش ملقمه سازی یا آمالگاماسیون: ۴۲
- ۳-۳- روش شیمیایی : ۴۳
- ۱-۳-۳- روش کلریناسیون: ۴۳
- ۲-۳-۳- روش سیانوراسیون ۴۳
- ۱-۲-۳-۳- عوامل موثر در حلالیت: ۴۴
- ۱-۱-۲-۳-۳- اثر غلظت سیانور: ۴۴
- ۲-۱-۲-۳-۳- اثر pH محیط: ۴۵
- ۳-۱-۲-۳-۳- اثر حرارت محیط : ۴۵
- ۴-۱-۲-۳-۳- اثر اکسیژن: ۴۶

- ۴۶-۳-۲-۱-۵- اثر نور وسطح:.....
- ۴۶-۳-۲-۱-۶- اثر اندازه ذرات:.....
- ۴۷-۳-۲-۱-۷- اثر مواد شیمیایی استفاده شده در فلوتاسیون:.....
- ۴۷-۳-۲-۲-۲- عوامل مصرف کننده اکسیژن و سیانور:.....
- ۴۷-۳-۲-۳-۳- روشهای فرآوری با استفاده از سیانوراسیون:.....
- ۴۷-۳-۲-۳-۱- روش فروشویی کپهای:.....
- ۵۰-۳-۲-۳-۲- روش سیانوراسیون مستقیم:.....
- ۵۰-۳-۲-۳-۳- سیانوراسیون مستقیم بدون استفاده از کربن فعال:.....
- ۵۱-۳-۲-۳-۴- سیانوراسیون مستقیم با استفاده از کربن فعال:.....
- ۵۱-۳-۲-۳-۴- روشهای بازیابی طلا:.....
- ۵۱-۳-۲-۳-۱- روش پودر روی:.....
- ۵۲-۳-۲-۴-۱- فرآیند زلال سازی:.....
- ۵۲-۳-۲-۴-۲- هواگیری:.....
- ۵۲-۳-۲-۴-۳- اضافه کردن مواد شیمیایی برای رسوب طلا:.....
- ۵۲-۳-۲-۴-۴- استحصال طلا:.....
- ۵۲-۳-۲-۴-۲- روش استفاده از کربن فعال:.....
- ۵۲-۳-۲-۴-۱- جدا کردن کمپلکس سیانور طلا از کربن فعال:.....
- ۵۴-۳-۲-۴-۲- جدا کردن طلا از محلول باردار:.....
- ۵۴-۳-۲-۳-۵- روشهای فرآوری کانسنگهای مقاوم طلا:.....
- ۵۵-۳-۲-۳-۱- تشویه (اکسیداسیون حرارتی):.....
- ۵۶-۳-۲-۳-۲- اکسیداسیون تحت فشار:.....
- ۵۷-۳-۲-۳-۳- اکسیداسیون بیولوژیکی:.....
- ۵۸-۳-۲-۳-۴- خردایش زیاد:.....
- ۶۰-۴- آماده سازی نمونه و آزمایش‌های انحلال.....
- ۶۰-۴-۱- شناسایی نمونه.....
- ۶۰-۴-۱-۱- مقدمه.....
- ۶۰-۴-۱-۲- شناسایی و عیارسنجی به روشهای شیمیایی، *XRF* و *XRD*.....
- ۶۱-۴-۲- آماده سازی.....
- ۶۲-۴-۱- دانه بندی نمونه اولیه.....
- ۶۳-۴-۲- محاسبه زمان بهینه خردایش.....
- ۶۴-۴-۳- آزمایش‌های انحلال.....
- ۶۴-۴-۱-۳- آزمایش‌های اولیه سیانوراسیون طلا (تغییرات دانه بندی):.....
- ۶۴-۴-۱-۱-۳- آزمایش اول.....

- ۶۵..... ۴-۳-۱-۲-آزمایش دوم
- ۶۵..... ۴-۳-۱-۳-آزمایش سوم
- ۶۶..... ۴-۳-۱-۴-آزمایش چهارم
- ۶۷..... ۴-۳-۲-آزمایش های تکراری جهت بهینه‌سازی دانه بندی با شرایط آزمایش متفاوت
- ۶۷..... ۴-۳-۱-۲-آزمایش اول
- ۶۸..... ۴-۳-۲-۲-آزمایش دوم
- ۶۹..... ۴-۳-۲-۳-آزمایش سوم
- ۷۰..... ۴-۳-۲-۴-آزمایش چهارم
- ۷۱..... ۴-۳-۲-۵-آزمایش پنجم
- ۷۳..... ۴-۳-۳-دانه بندی نمونه پس از خردایش به مدت ۵۵ دقیقه.....
- ۷۳..... ۴-۳-۴-آزمایش های تغییرات غلظت سیانور
- ۷۴..... ۴-۳-۱-۴-آزمایش اول
- ۷۵..... ۴-۳-۲-۴-آزمایش دوم
- ۷۶..... ۴-۳-۳-۴-آزمایش سوم
- ۷۷..... ۴-۳-۴-۴-آزمایش چهارم
- ۷۸..... ۴-۳-۴-۵-آزمایش پنجم
- ۷۹..... ۴-۳-۵-آزمایش تکراری برای آزمایش های اول و دوم تغییرات غلظت
- ۷۹..... ۴-۳-۱-۵-آزمایش اول
- ۸۰..... ۴-۳-۲-۵-آزمایش دوم
- ۸۱..... ۴-۳-۶-خنثی سازی محلول سیانوردار با H_2O_2
- ۸۲..... ۴-۳-۷-تعیین مقدار سیانور آزاد بهینه در محلول سیانوری
- ۸۳..... ۴-۳-۸-محاسبه مقدار عددی ۱/۷۳۴ گرم نیترات نقره در تیتراسیون
- ۸۳..... ۴-۳-۹-آزمایش های تغییرات pH محیط
- ۸۴..... ۴-۳-۱-۹-آزمایش اول
- ۸۴..... ۴-۳-۲-۹-آزمایش دوم
- ۸۵..... ۴-۳-۳-۹-آزمایش سوم
- ۸۶..... ۴-۳-۴-۹-آزمایش چهارم
- ۸۷..... ۴-۳-۵-۹-آزمایش پنجم
- ۸۹..... ۴-۳-۱۰-آزمایش های تکراری pH
- ۸۹..... ۴-۳-۱-۱۰-آزمایش اول
- ۹۰..... ۴-۳-۲-۱۰-آزمایش دوم
- ۹۱..... ۴-۳-۱-۱۱-آزمایش اول
- ۹۲..... ۴-۳-۲-۱۱-آزمایش دوم

- ۹۳..... ۳-۱۱-۳-۴- آزمایش سوم
- ۹۵..... ۱۲-۳-۴- آزمایش‌های مربوط به زمان
- ۹۵..... ۱-۱۲-۳-۴- آزمایش اول
- ۹۷..... ۲-۱۲-۳-۴- آزمایش دوم
- ۹۸..... ۱۳-۳-۴- آزمایش‌های لیچینگ حوضچه‌ای ثابت
- ۹۸..... ۱-۱۳-۳-۴- آزمایش اول
- ۹۹..... ۲-۱۳-۳-۴- آزمایش دوم
- ۱۰۰..... ۱۴-۳-۴- آزمایش نهایی
- ۱۰۲..... ۱۵-۳-۴- انحلال طلا با استفاده از تیواوره (جایگزین سیانور)
- ۱۰۴..... ۱-۱۵-۳-۴- آزمایش‌های اولیه تیواوره
- ۱۰۵..... ۱-۱-۱۵-۳-۴- آزمایش اول
- ۱۰۶..... ۲-۱-۱۵-۳-۴- آزمایش دوم
- ۱۰۷..... ۱۶-۳-۴- آزمایش‌های تکمیلی تیواوره
- ۱۰۷..... ۱-۱۶-۳-۴- آزمایش اول
- ۱۰۸..... ۲-۱۶-۳-۴- آزمایش دوم
- ۱۰۹..... ۳-۱۶-۳-۴- آزمایش سوم
- ۱۱۰..... ۴-۱۶-۳-۴- آزمایش چهارم
- ۱۱۱..... ۵-۱۶-۳-۴- آزمایش پنجم
- ۱۱۲..... ۶-۱۶-۳-۴- آزمایش ششم
- ۱۱۳..... ۷-۱۶-۳-۴- آزمایش هفتم
- ۱۱۴..... ۸-۱۶-۳-۴- آزمایش هشتم
- ۱۱۵..... ۹-۱۶-۳-۴- آزمایش نهم
- ۱۲۰..... ۱-۵- نتیجه‌گیری کلی:
- ۱۲۰..... ۱- مطالعات کانی‌شناسی
- ۱۲۰..... ۲- مطالعات کانه‌آرایی
- ۱۲۰..... ۱-۲- آزمایش سیانوراسیون
- ۱۲۰..... ۱-۱-۲- زمان خردایش
- ۱۲۰..... ۲-۱-۲- غلظت سیانور
- ۱۲۱..... ۳-۱-۲- pH محیط
- ۱۲۱..... ۴-۱-۲- زمان سیانوراسیون
- ۱۲۱..... ۲-۲- آزمایش لیچینگ حوضچه‌ای
- ۱۲۱..... ۳-۲- آزمایش تیواوره
- ۱۲۲..... ۲-۵- پیشنهادات:

مقدمه

با توجه به اهمیتی که پروژه‌های طلا در ایران دارد، فعالیت‌های اکتشافی مختلفی در ایران و در مناطق مختلف صورت پذیرفته است، لذا امکان سنجی استحصال طلا از این ذخایر امری بدیهی و اجتناب ناپذیر است. کانسنگ طلا دار منطقه شهربابک (لاطلا) با دارا بودن حدود ۲/۵ گرم بر تن طلا و ۱۵۰ گرم بر تن نقره از ذخایر مهم به شمار می‌رود. لذا استحصال طلا و نقره از بخش اکسیدی و سیلیکاته این کانسنگ مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. نمونه‌برداری در اواخر سال ۱۳۸۶ با همکاری کارشناسان بخش اکتشاف انجام گرفت و حدود ۴۰۰ کیلوگرم نمونه به بخش کانه‌آرایی سازمان زمین‌شناسی در تهران آورده شد. انجام پروژه بیش از ۱۰ ماه به طول انجامید و نتایج رضایت‌بخشی از مطالعات کانه‌آرایی به دست آمد.

فصل اول

اطلاعات کلی

۱- اطلاعات کلی:

۱-۱- مقدمه:

طلا از گذشته‌های بسیار دور، به دلیل جلای زیبا، مقاومت بالا در مقابل اکسیداسیون و دیگر عوامل شیمیایی، شکل‌پذیری خوب و کمیابی، در طول تاریخ مورد توجه بشر بوده و دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد. طلا به عنوان مهمترین استاندارد پولی جهان مطرح بوده و بیشترین مورد مصرف آن در ساخت سکه و شمش طلا به عنوان ذخایر پولی بین‌المللی است. این فلز به علت زیبایی و مقاومت، به صورت زیورآلات و کارهای هنری نیز استفاده می‌شود. این فلز همچنین در ساخت لوازم الکترونیکی دقیق مورد استفاده است به طوری که در آینده رده اول مصرف طلا را به خود اختصاص خواهد داد. فلز طلا به عنوان یک سرمایه ملی و پشتوانه اقتصادی کشور مطرح می‌باشد [۱].



شکل ۱-۱- سکه‌های ساخته شده طلا [۱].

۱-۲- تاریخچه:

طلا فلزی گرانبها است که در زبان‌های فارسی به زر، فرانسه به OR، انگلیسی به GOLD، آلمانی به GOLD، ایتالیایی به ORO و عربی به ذهب معروف است. زر از جمله فلزاتی است که از زمان‌های باستان مورد استفاده بشر قرار گرفته است. احتمال می‌رود در ابتدا ریزه‌های براق آن در کنار رودخانه‌ها جلب توجه کرده باشد. دانشمندان عقیده دارند که تاکنون از پوسته زمین قریب ۹۵۰۰۰ تن طلا استخراج شده که این مقدار از یک میلیونیم حجم موجود در پوسته زمین، کمتر است (ذخیره طلای پوسته زمین را پانصد میلیونیم درصد برآورد کرده‌اند) تنهادر آب اقیانوس‌ها قریب یک میلیارد تن طلا وجود دارد. طلا (GOLD) از اسم گوتیک Gult گرفته شده است. این فلز از قدیمی‌ترین فلزات شناخته شده است که مورد استفاده قرار گرفته است، زیرا به سادگی شکل‌پذیر می‌باشد. هندی‌ها اولین بار در کتاب

مقدسشان (۴۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح) به طلا اشاره کرده‌اند. قدیمی‌ترین معدن طلا (۴۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح) در بین‌النهرین، در خاورمیانه و مربوط به سومریان بوده است [۱].



شکل ۱-۲- بخشی از تابوت فرعون توتانخامون [۱].

در زبان اوستا به طلا، "زره‌نه" و "زرنه‌اینه" می‌گفتند. در زبان پارسی باستان کلمه "زرنه" و در زبان پهلوی کلمه "زر" معرف طلا بود. ایرانیان از حروف A.U.R به عنوان نشانه طلا استفاده می‌کردند که از کلمه لاتین Aurum به معنی طلوع گرفته شده است. اسلاوها، ژرمن‌ها و فنلاندی‌ها از حروف G.Z.O.L به عنوان نشانه طلا استفاده می‌کردند. روس‌ها کلمه Zoloto را برای این منظور به کار می‌بردند. در علم کیمیاگری، خورشید نشانه طلا بود و در علم شیمی Au معرف طلا می‌باشد [۱].



شکل ۱-۳- تصویری از استحصال طلا در گذشته [۱].

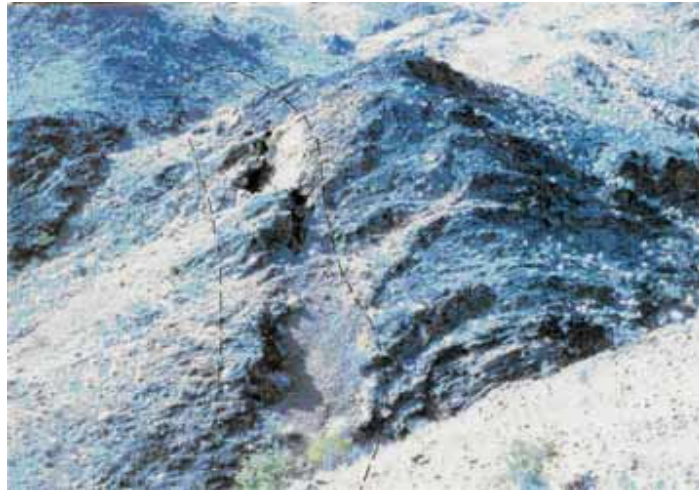


شکل ۱-۴- بدست آوردن طلا به طریق لاوک شویی [۱].

۳-۱- تاریخچه طلا در ایران :

از نظر قدمت، قدیمی ترین معدن طلایی که اسم آن در تاریخ و گزارش ها آمده ، معدن سیستان است و پس از آن بیشتر نویسندگان از معدن کوه زر دامغان یاد کرده اند.

اولین سابقه زری سکه طلا در دوره هخامنشی تولید طلا در داخل کشور و همچنین واردات طلا به ایران افزایش یافته است و در این دوره سکه طلا برای اولین بار در جهان ضرب شد. نام این سکه که در ۵۱۶ قبل از میلاد ضرب گردید، داریک بود. تا آن دوره در دنیای آن روز هنوز سکه های طلا ضرب نشده بود. سکه های رایج از مس، مفرغ و نقره بود و پس از داریوش در کشورهای دیگر سکه ی طلا ضرب شده است . در رم در سال ۲۲۵ قبل از میلاد در دوران ساسانی طلا در ایران فراوان بوده به طوری که ظروف و دیگر اشیاء طبقه مرفه همه از طلا یا نقره ساخته می شده و این وضع پس از حمله اعراب به ایران ادامه داشته است. شواهد و آثار فراوانی وجود دارد که معدن کاری و استحصال طلا در ایران و بسیاری از کشورهای جهان را از پیش از ۶۰ قرن پیش نشان میدهد . تا کنون یک کانسار و اثر معدنی طلا با رد یابی وجه تسمیه و تعقیب کارهای قدیمی معدنی و آثار به جا مانده از معدنکاری طلا توسط سازمان زمین شناسی کشور کشف شده است (کانسار طلای زرین _ اردکان یزد) . شواهد تاریخی و فیزیکی نشان میدهد که معدن کاری و استحصال طلا در سر زمین ما از گذشته های خیلی دور تا اواخر دوره قاجاریه که معدن طلای طرقله نیز تعطیل شد بطور پیوسته با دوره های شکوفایی و رکود و اوج و حضيض ادامه داشته ولی تقریبا هیچ وقت تعطیل نشده بود [۱].



شکل ۱-۵- نمایی از کار قدیمی در منطقه معدنی زرترشت [۱].

۱-۳-۱- پیشینه معدن موته:

موته از حدود ۴۰۰۰ سال قبل شناخته شده بود. در دوره قاجاریه مخصوصاً در زمان امیرکبیر، اقداماتی برای بهره برداری از معادن طلا به عمل آمد. از معدن طلای موته در این دوره بهره برداری شده است. در سال ۱۳۳۶ بود که مسلم شد در موته معادن طلا به مقدار قابل توجه وجود دارد و به همین جهت فعالیتی که آغاز گشته بود به همین ترتیب تا آخر سال ادامه یافت. در سالهای ۱۳۳۸ و ۱۳۳۹ با اعتباری که از محل بودجه برنامه دوم تحصیل شد، دامنه اکتشاف در محل توسعه یافت و در نتیجه ذخیره سنگ طلای معدن موته در حدود یک تا دو میلیون تن تخمین زده شد [۱].



شکل ۱-۶- معدن طلای موته متعلق به پرکامبرین و اینفراکامبرین [۱].



شکل ۱-۷- تصویری از موته و کارخانه آن [۱].

۱-۳-۲- تاریخچه معدن زرشوران:

تاریخ بسیار طولانی تمدن موجود در منطقه تکاب (تخت سلیمان) حکایتی اجمالی از شناخته بودن این معدن از زمان مادها و ساسانیان دارد. همچنین آثار معدنکاری یافت شده از آن زمان و همچنین استفاده از آن زمان و همچنین استفاده از پلاسرها و شستشوی ماسه‌های طلا دار در دوران باستان نیز مؤید این موضوع می‌باشد.

از سال ۱۳۷۰ این کنسار بعنوان یک پتانسیل طلا مطرح و مطالعات اکتشافی تا مرحله نیمه تفضیلی بر روی آن در قالب طرح اکتشاف سراسری طلا انجام گرفت [۱].



شکل ۱-۸- نمایی از معدن زرشوران و معدنکاری آن [۱].

۱-۴-کانی شناسی:

طلا در طبقه بندی عناصر طبیعی در گروه مس قرار می‌گیرد. در سیستم کوبیک متبلور می‌شود و بلورهای آن به شکل اکتائدر و بندرت دودکائدر، هگزائدر و تراپزوئدر با آرایش شبکه ای مکعب با سطوح مرکز دار می‌باشند، ولی طلا اغلب به صورت رشته ای و شاخه شاخه از شکل افتاده است. بلورهای مکعبی طلا نادرند. طلا که فلز نجیبی است (سختی ۲/۵ تا ۳ بر اساس مقیاس موس) می‌تواند در اثر آلیاژ شدن با مس و دیگر فلزات سخت گردد. بیشتر طلاها مقداری نقره دارند. طلای خالص چگالی بالایی دارد و وزن مخصوصش ۱۹/۳ گرم بر سانتی مترمکعب است که وقتی نقره همراه آن بیشتر باشد تا ۱۵/۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب نزول می‌کند. طلا دارای سطح شکست تیز، کدر، با جلای فلزی به رنگ زرد و با رنگ خاکه زرد بوده و بسیار چکش خوار و مفتول شدنی است. طلا به واسطه خاصیت چکش خواری و وزن مخصوص زیاد از پیریت، کالکو پیریت و میکاهای تجزیه شده زرد رنگ مشخص می‌شود. طلا معمولاً به صورت دانه های پراکنده در رگه های کوارتزی با پیریت و دیگر سولفورها، یا به صورت دانه های گرد یا گاه تکه های درشت در رسوبات رودخانه ای یافت می‌شود [۱].



شکل ۱-۹- طلای کوبیک با سطوح اکتاهدری [۱].



شکل ۱-۱۰- طلای خالص همراه کمی سیلیس [۱].

۱-۴-۱- کانی‌های اصلی طلا:

۱- کالاوریت **Calaverite** با فرمول $AuTe_2$ این کانی طلا در سیستم مونوکلینیک متبلور شده و به صورت منشورهای تیغه‌ای و شیار دار، غالباً دوقلو و توده‌های دانه‌ای پیدا می‌شود. رنگ این کانی از زرد برنزی تا سفید نقره‌ای متغیر است. خط اثرش خاکستری مایل به زرد تا خاکستری متمایل به سبز است. سختی اش ۲/۵ تا ۳ و وزن مخصوصش ۹/۳۱ گرم بر سانتی مترمکعب می‌باشد. کالاوریت فاقد رخ بوده و کدر و شکننده است. این کانی دارای جلای فلزی می‌باشد. در اسید نیتریک گرم حل می‌شود و طلای فلزی در محلول قرمز آزاد می‌سازد. اختلاف آن با پیریت، سختی کمتر و داشتن بلورهای طویل است. قابل ذکر است که مقدار طلای کالاوریت تا ۴۴٪ می‌رسد. این کانی معمولاً در رگه‌های هیدروترمال حرارت پائین تشکیل می‌شود [۱].

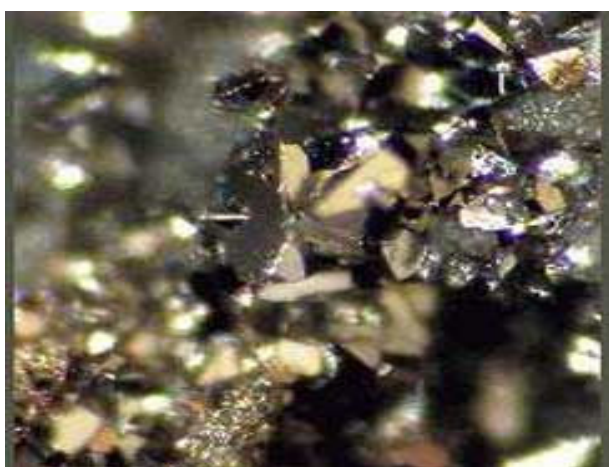
۲- سیلوانیت **Sylvanite** با فرمول $(Ag,Au)Te_2$ این کانی نیز همانند کالاوریت در سیستم مونوکلینیک متبلور شده و به صورت منشورهای کوتاه و ضخیم، که برخی دوقلواند و نیز به شکل ستون، چوب بست یا دانه‌ای پیدا می‌شوند. سیلوانیت احتمالاً هم ساخت کالاوریت است ولی برخی از محل‌های فلزی توسط نقره اشغال شده است. رنگ این کانی از خاکستری فولادی تا سفید نقره‌ای متغیر است و رنگ خاکه آن خاکستری متمایل به زرد است. سختی آن ۱/۵ تا ۲ و وزن مخصوصش ۸/۱۱ گرم بر سانتی مترمکعب است. سیلوانیت دارای جلای فلزی درخشان، کدر و شکننده است. سطح شکست آن ناصاف بوده و دارای کلیواژ کامل (۰۱۰) می‌باشد. سیلوانیت در اسید نیتریک حل می‌شود و طلای فلزی آزاد می‌سازد. اختلاف آن با کالاوریت در داشتن رخ و سختی کمتر است. ضمناً مقدار طلای سیلوانیت ۳۰٪ است. این کانی نیز در رگه‌های هیدروترمال حرارت پائین تشکیل می‌شود.

۳- کرنریت **Krennerite** با فرمول $(Au,Ag)Te_2$ این کانی در سیستم ارتورمبیک متبلور می‌شود. سختی کرنریت ۲/۵ و وزن مخصوصش ۸/۶۲ گرم بر سانتی مترمکعب است. مقدار طلای کرنریت معمولاً کمتر از کالاوریت است و حداکثر به ۴۴٪ می‌رسد. نسبت طلا به نقره در این کانی ۴:۱ می‌باشد. کرنریت گسترش زیادی دارد ولی از لحاظ استخراج طلا اهمیت زیادی ندارد.

۴- پتزیت **Petzite** با فرمول $(Ag_3,Au)Te_2$ سختی این کانی ۲/۵، وزن مخصوصش ۹/۱۳ گرم بر سانتی مترمکعب می‌باشد و مقدار طلای آن تا ۲۵٪ می‌رسد. رنگ این کانی خاکستری تا سیاه است و جلای فلزی دارد. رخ این کانی مکعبی و شکست آن مختصری صدفی است.

۵- مونت برایتیت **Montbrayite** با فرمول Au_2Te_3 این کانی دارای سختی ۲/۵ و وزن مخصوص ۹/۹ گرم بر سانتی مترمکعب می‌باشد. مقدار طلای مونت برایتیت تا ۵۰٪ می‌رسد. این کانی یک تلوروید کمیاب است.

- ۶- ناژیاژیت Nagyagite با فرمول $Pb_5Au(Te,Sb)_4S^8$ سختی این کانی ۱ تا ۱/۵ و وزن مخصوص آن ۷/۵ گرم بر سانتی مترمکعب می باشد. مقدار طلای ناژیاژیت تا ۱۲/۷٪ می رسد. یک کانی نادر بوده و اکثرا در کانسارهای ساب ولکانیک-گرمابی تشکیل می شود.
- ۷- مالدونیت Maldonite با فرمول Au_2Bi سختی این کانی نامشخص و وزن مخصوص آن ۱۵/۷ گرم بر سانتی مترمکعب می باشد. مقدار طلای آن ۶۵٪ است. جزء کانی های نادر بوده و در کانسارهای حرارت بالا تشکیل می شود.
- ۸- اروشیبینیت Aurostibnite با فرمول $AuSb_2$



شکل ۱-۱۱- کانی پتزیت [۱].



شکل ۱-۱۲- کانی سیلوانیت [۱].

۱-۴-۲- کانی‌های فرعی طلا:

طلای خالص در طبیعت بسیار کم است و آنچه اصطلاحاً به آن طلای خالص یا native گفته می‌شود، در واقع طلایی است که ۴ تا ۱۵ درصد جرمی، دارای ایزومرف نقره می‌باشد [۱].

۱- الکتروم Electrum با فرمول Au, Ag اگر مقدار نقره در اختلاط کانی از ۱۵ درصد جرمی بیشتر شود، کانی الکتروم با رنگ زرد کم رنگ تا سفید که در حقیقت کانی حد واسط بین نقره و طلاست، بوجود می‌آید. گاهی مقدار نقره تا ۵۰٪ جرمی در ساختمان الکتروم بالا می‌رود.

۲- کوشتلیت Kustelite با فرمول Ag, Au در این کانی نقره در اختلاط کانی بیشتر از ۸۰٪ جرمی می‌باشد.

۳- پورپزیت Porpesite این کانی علاوه بر نقره و طلا همراه با پالادیوم و رودیوم نیز دیده شده است. مقدار پالادیوم بین ۵ تا ۱۱ درصد تغییر می‌کند و کانی پورپزیت حاصل می‌شود.

۴- بیسموتو اوریت Bismutho_aurite با فرمول Au, Bi چنانچه طلا با بیسموت تا ۴٪ جرمی همراه باشد، این کانی حاصل می‌شود.

۵- طلای کوپریفر Ore cuprifer به طلای مس دار اطلاق می‌شود.

۶- رودیت Rodite با فرمول (Au, Pt, Rh, Ir, Pd)

۷- کورشتیبیت Qurostibite از دیگر کانیهای فرعی طلا به شمار می‌رود. اکسیدهای طلا اکسید طلای $(Au_2O)(I)$ گفته می‌شود که از ترکیب هیدروکسید پتاسیم رقیق با کلرید طلای (I) به وجود می‌آید ولی کاملاً ناپایدار است و در مجاورت این هیدروکسید به طلا و یون اورات (AuO_2) تجزیه می‌شود. با اضافه کردن هیدروکسید به محلول‌هایی که ترکیب‌های طلای (III) دارند رسوب $Au(OH)_3$ تشکیل می‌شود.

۱-۵- خواص فیزیکی:

طلای خالص بدون شک زیباترین فلزات است. این فلز جلای فلزی و رنگ زرد (وقتی به صورت توده‌ای یافت شود) دارد. و رنگهای سیاه، یاقوتی و زرشکی (وقتی به صورت عادی و پراکنده یافت شود) دارد. طلا چکش خوارترین فلز و رسانا ترین فلز بعد از نقره و مس می‌باشد که فلزی نرم و هادی بسیار خوب حرارت و الکتریسیته است. علامت اتمی طلا Au می‌باشد. جرم اتمی طلا برابر با ۱۹۶/۹۶۶۵، عدد اتمی آن ۷۹ و شعاع اتمی آن ۱۴۴ pm است. طلا به صورت یک فلز سنگین و نیز "نجیب" طبقه بندی شده و در تجارت، مهمترین فلز در میان فلزات گرانبها تلقی می‌شود. فقط یک ایزوتوپ پایدار طلا وجود دارد و آنهم ایزوتوپ ۷۹ آن است. طلا دارای تقریباً ۲۴ ایزوتوپ رادیو اکتیو است. رنگ این فلز زرد سیر می‌باشد ولی وقتی از روشهای فراربت یا رسوبی بدست می‌آید به رنگ بنفش سیر، ارغوانی و یا قرمز سیر دیده می‌شود. نقطه ذوب طلا ۱۰۶۴/۱۸ درجه سانتیگراد و نقطه جوش آن ۲۸۵۶ درجه سانتیگراد و جرم

حجمی آن $19/3$ گرم بر سانتی مترمکعب می باشد. سختی این فلز بر حسب مقیاس موس برابر با $3-2/5$ و در مقایسه با دیگر فلزات از خاصیت ورقه و مفتول شدن زیادتری برخوردار است. آلیاژ آن با مس، قرمزتر، سخت تر و قابلیت گداخته شدن بیشتری تا طلای خالص را دارد. همانند دیگر فلزات گرانبها، طلا در ایران بر حسب "مثقال" که برابر $4/4$ گرم است و در خارج با مقیاس "تروی" $troy$ می سنجند که هر اونس تروی معادل با $31/103431$ گرم می باشد. از خواص منحصر به فرد طلا، قابلیت چکش خواری و رنگ زرد مایل به قرمز براق آن است. به وسیله الکترولیز، می توان صفحاتی به ضخامت $0/00001$ میلی متر، و با کشش می توان مفتولی به قطر میلیمتر $0/006$ از طلا را بوجود آورد 1 گرم طلا تا طول 3 کیلومتر قابل کشش است [۱].

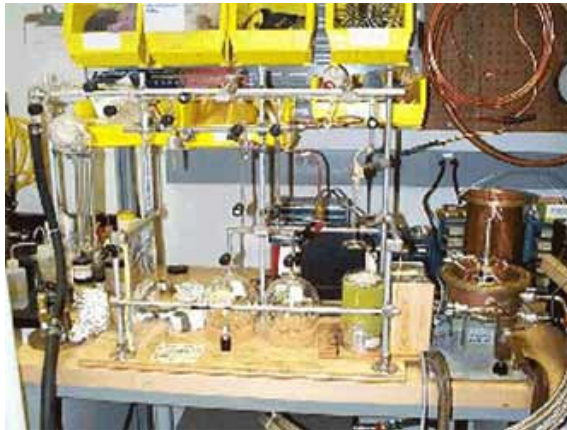
همچنین مقدار ناچیزی از فلز سرب، بیسموت، تلور، سلنیم، آنتیموان، قلع و آلومینیوم، طلا را شکننده می کنند.

۱-۶- خواص شیمیایی:

از لحاظ شیمیایی طلا یکی از کم فعالترین فلزات به شمار می رود. این فلز در تماس به هوا کدر نمی شود. در مقابل قویترین محلولهای قلیایی پایدار است و در تماس با تمام اسیدهای خالص، به جز اسید سلنیک، کاملاً مقاوم است. برای حل کردن طلا به روش شیمیایی بهترین راه این است که آن را در مخلوط یک مول اسید نیتریک و سه مول اسید کلرئیدریک که به نام تیزآب سلطانی مشهور است، قرار دهیم طلا همچنین می تواند با برم در دمای اتاق و فلوئور، کلر، ید و تلوریوم در دماهای بالاتر ترکیب شود، یکی از خصوصیات جالب طلا این است که می تواند به صورت سولی و یا کلوئیدی درآید. آبی طلا بر حسب اندازه ذرات آن می توانند به رنگهای قرمز، آبی یا ارغوانی در آیند. سولی زیبای کاسیوس **CASSIUS** را می توان با اضافه کردن کلرید قلع (II) به ترکیبات طلا بدست آورد. طلا در ترکیبات در ترکیبات مختلف خود به صورت $1+$ و $3+$ ظرفیتی ظاهر می شود. طلا تمایل بسیار زیادی در تشکیل کمپلکسهایی دارد که در آن همیشه به صورت $3+$ ظرفیتی می باشد. ترکیبات $1+$ ظرفیتی طلا خیلی پایدار نیستند و عموماً به ظرفیت $3+$ اکسیده شده یا اینکه به صورت فلز آزاد احیاء می شوند. تمام ترکیبات طلا، اعم از 1 ظرفیتی یا 3 ظرفیتی اکسید شده یا اینکه به صورت فلز آزاد احیاء می شوند. البته این یک قاعده کلی است که ترکیبات فلزات غیر فعال (نجیب) به آسانی به فلز مربوطه می توانند احیاء شوند، در حالیکه در مورد ترکیبات فلزات فعال به آسانی میسر نیست. طلا بر خلاف نقره و مس می تواند تشکیل ترکیبات آلی فلزی حقیقی دهد که همگی نیز پایدارند. طلا و گوگرد را اگر با هم حرارت دهیم ترکیب نمی شوند، ولی این فلز در پلی سولفیدهای قلیایی حل شده و تیواوریت ها و احتمالاً بعضی از تیواوریت ها را بوجود می آورند [۱].

۱-۷- زمان نیمه عمر:

طلای رادیواکتیو ^{198}Au برابر با ۲/۷ روز است و از این ایزوتوپ در درمان پزشکی بهره می‌گیرند. همچنین این ایزوتوپ مصارف صنعتی متعددی به عنوان یک ردیاب دارد و از آن در مطالعات حرکات رسوب کف اقیانوس ها در سواحل و اطراف استفاده می‌شود. طلا همچنین در فرآیندهای صنعتی عامل بسیار خوبی در برقراری و تمرکز انرژی حرارتی است [۱].



شکل ۱-۱۳- تصویری از آزمایشگاه آنالیز کیفی [۱].

۱-۸- محصولات فرعی (طلا به عنوان یک محصول فرعی):

بیشتر طلای جهان از معادنی تامین می‌شود که در آنها طلا محصول اصلی است. اما مقادیر مهمی نیز در حین تصفیه فلزات دیگر به ویژه مس بازیابی می‌شوند. در ایالات متحده آمریکا در طول سال ۱۹۸۳ حدود ۲۰٪ کل تولید، محصول فرعی استخراج فلز پایه به ویژه مس بود. طلا در چندین کشور، از کانی های مس بازیابی می‌شود. برای مثال این فلز از کانی های نیکل در کانادا، از کانی های پلاتین در آفریقای جنوبی بازیابی شده و سایر کشورهایی که در آنها طلا به عنوان یک محصول فرعی مهم بازیابی می‌شود، عبارتند از: فیلیپین، استرالیا، گینه جدید، مکزیک و شوروی. در ایران نیز از معدن مس سرچشمه کرمان طلا به عنوان یک محصول فرعی به دست می‌آید. نقره به خاطر همراهی و ارتباط آن با طلا در کانی ها به عنوان یک محصول، همراه تمامی عملیات استخراج طلا می‌باشد. در تصفیه نهایی طلا به عنوان یک محصول فرعی، در کشور ایالات متحده، مقادیر مهمی از فلزات خانواده پلاتین (به ویژه پالادیم) نیز بازیابی می‌شوند. در سرتاسر جهان، کانی های طلا و کانسارهای آبرفتی محصولات فرعی ارزشمندی را فراهم می‌آورند [۱].

۹-۱- ذخایر طلا و همراهان آن:

عموما طلا، با سولفید های فلزی غیر آهنی و کانی های وابسته به آن، ارتباط بسیار نزدیکی دارد و اغلب با این سولفیدها و یا محصولات ناشی از اکسید شدگی آنها همراه است. این همراهان طلا عبارتند از: کالکوپیریت، اسفالریت، گالن، آرسنوپیریت، پیریت، آنتیمونیت، لیمونیت و کوارتز و آنتیمونیت. آنتیمونیت معمولا به صورت بلورهای ستونی (columnar) و سوزنی یا اینکه به صورت شعاعی پدیدار می شود و به ندرت به صورت آگرگات در کوارتز دیده می شود، ترد و شکننده بوده، رنگ آن خاکستری سربی و دارای جلای فلزی می باشد. لیمونیت (کانه آهن قهوه ای) انباشتگی و تراکم این کانی در قسمت های آلتیره شده کانه سولفیدی، از این جهت قابل توجه است که در بعضی مواقع دارای مقادیر زیادی از طلا می باشد [۱].



شکل ۱-۱۴- طلا همراه با مالاکیت، توربرنیت، ولفنیت و کازوریت [۱].

۱۰-۱- تقسیم بندی کانسارهای طلا:

الف- کانسارهای برجا: در کانسارهای برجا طلا همراه سنگ های آذرین اسیدی عمیق و بینابین و به ندرت در سنگ های آذرین خروجی پیدا می شود. در هر صورت همراه کوارتز در رگه های کوارتزی، همراه کانی های کلسیت، باریت، فلورین، آلاباندین (Alabandin) و همچنین همراه کانی های فلزی مانند: پیریت، بلند، کالکوپیریت، کانی های نقره و کانی های تلور (Te) و خیلی به ندرت همراه سلنیم (Se) است [۱].

ب- کانسارهای آبرفتی: از تخریب کانسارهای برجا و حمل و نقل آن به وسیله ی عوامل طبیعی، کانسارهای آبرفتی تشکیل می شود و تجمع طلای ناب در این صورت در بستر رودخانه ها و دریاچه های بسته، انجام می گیرد، در آن صورت طلا همراه سایر کانی های سنگین مانند کورندوم (Corundum) و زیرکن (Zircon) و مونازیت (Monazite) و کاسیتريت و نارسنگ (Garnet) و بالاخره مگنتیت (به شکل ماسه سیاه) است.



شکل ۱-۱۵- طلای پلاسی [۱].



شکل ۱-۱۶- طلای پلاسی شسته شده درون لاوک [۱].



شکل ۱-۱۷- نحوه طلاشویی درون لاوک [۱].

پلاسرها را به اشکال متنوعی تقسیم بندی می نمایند ولی می توان گفت که پلاسرها، نهایتاً به دو گروه تقسیم بندی می شوند [۱]:

۱- پلاسرهای کم عمق (پلاسرهای مدرن)

این گونه پلاسرها معمولاً در داخل رودخانه ها و یا در نزدیکی آنها وجود داشته و توسط دیگر رسوبات پوشیده نشده است.

۲- پلاسرهای عمیق (پلاسرهای قدیمی)

این پلاسرها در زیر انبوهی از سنگ های پیوسته coherent مدفون شده اند.

۱-۱۱- تقسیم بندی دیگری از کانسارهای طلا دار

۱-۱۱-۱- کانسارهای ماسیو سولفید:

این کانسارها در مراحل نهایی فعالیت آتشفشانهای زیر دریایی تشکیل می شوند. خصوصیات مهم این کانسارها عبارتند از داشتن ۲۰ الی ۶۰ درصد سولفید، همزمانی با سنگهای آتشفشانی زیر دریایی، ذخیره عدسی شکل با بافت توده ای و کانی شناسی ساده پیریت، کالکو پیریت، اسفالریت (با یا بدون گالن و پیروتیت). این ذخایر در مراحل نهایی فعالیت های آتشفشانی زیر دریایی در یک افق خاص تشکیل می شوند. ضخامت این افق نسبت به ضخامت کل سنگهای آتشفشانی بسیار ناچیز است [۱].

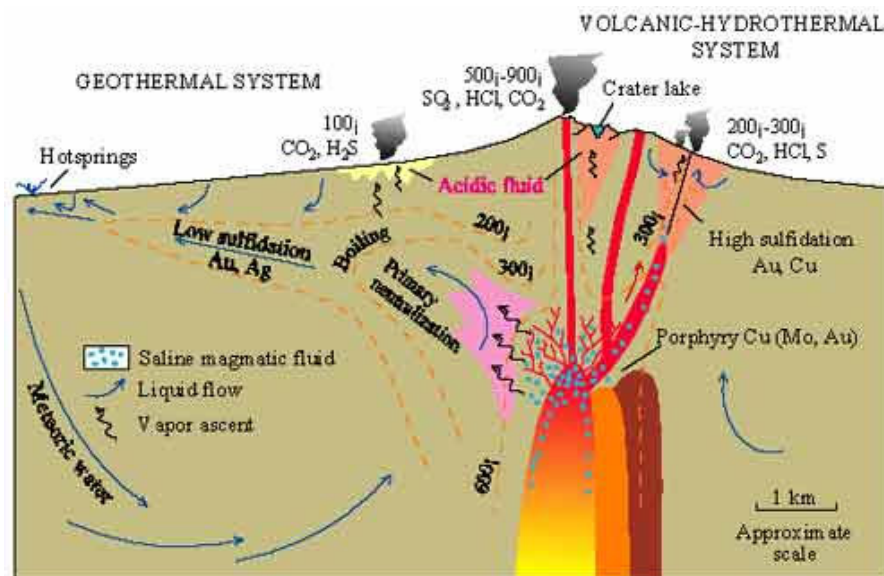
ماسیو سولفیدها را بر اساس موقعیت تکتونیکی و سنگهای همراه به دو نوع کروکو و قبرس تقسیم می کنند. ماسیو سولفیدهای نوع قبرس در زون گسترش کف اقیانوسها، همزمان با بازالتهای بالشی تولئیتی با پتاسیم کم، تشکیل می شود. از خصوصیات مهم این کانسارها بافت توده ای، بالا بودن درصد سولفیدها، آلتراسیون کلریتی و سیلیسی و قرار داشتن در زیر چرت های آهن و منگنز دار است.

کانی های مهم این ذخائر عبارتند از: کلریت، اسفالریت و پیریت. طلا بیشتر همراه سولفیدها یافت می شود. مقدار ذخیره ۰/۱ الی ۲۵ میلیون تن است. این ذخائر حاوی ۰/۱ الی ۱/۵ گرم در تن طلا، ۰/۵ الی ۸/۵ درصد روی هستند. کانسارهای ماسیو سولفید نوع کروکو در زون فرورانش جزایر قوسی همراه با توف های داسیتی، ریولیتی، کالک آلکالن زیر دریایی تشکیل گردیده اند. این ذخائر در مرحله نهایی فعالیت آتشفشان تشکیل گردیده اند و به همین دلیل توسط چرت و رسوبات نرم دریایی پوشیده می شوند. این ذخائر حاوی ۰/۱ الی ۲/۳ گرم در تن طلا، ۹۰۰ گرم در تن نقره، ۱/۵ درصد مس، ۳/۸ درصد روی و ۱ درصد سرب هستند [۱].

۱-۱۱-۲- کانسارهای مس پورفیری طلا دار:

عیار طلا در برخی کانسارهای مس پورفیری قابل توجه است. لذا به عنوان محصول جانبی در این کانسارها حائز اهمیت می باشد. کانسارهای مس پورفیری همراه سنگهای مونزونیتی، دیوریتی و گرانودیوریتی کالک آلکالن کشف می شوند. اصطلاح پورفیری از بافت پورفیری سنگهای همراه، بافت استوک ورک و پراکنده، ذخیره و ابعاد زیاد ذخیره اخذ شده است. کانسارهای مس پورفیری در کمربندهای تکتونیکی زون فرورانش حاشیه قاره ها و جزایر قوسی کشف شده اند. این کانسارها را بر اساس موقعیت تکتونیکی و سنگهای همراه آن به دو گروه تقسیم می کنند [۱]:

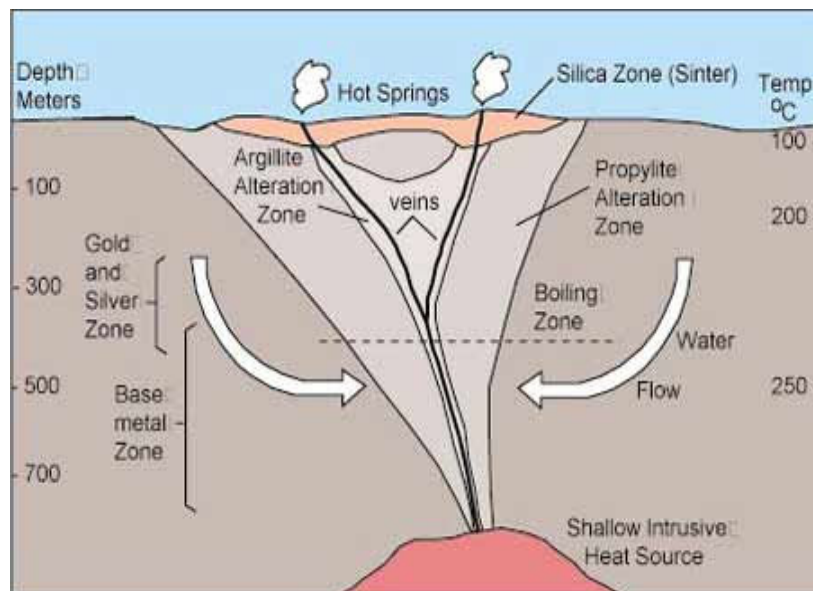
۱- نوع مونزونیتی ۲- نوع دیوریتی



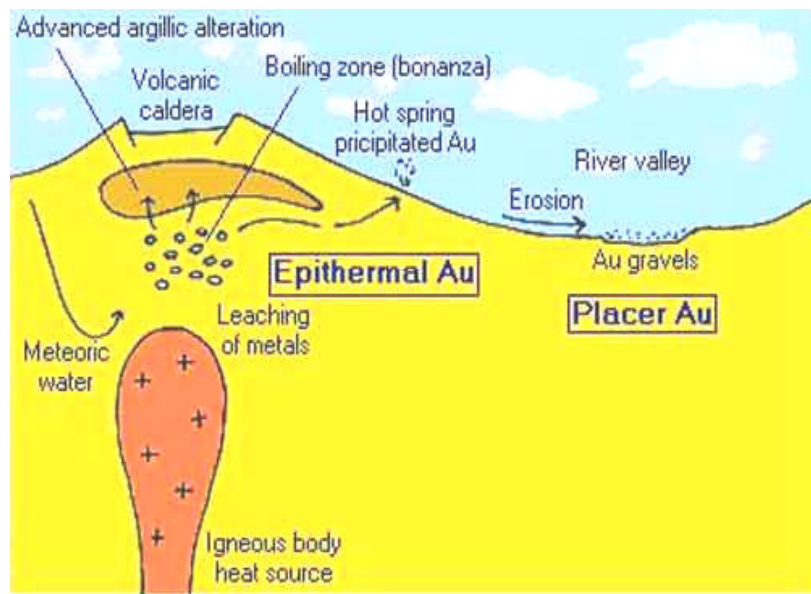
شکل ۱-۱۸- نمایش سیستم کانی زایی مس پورفیری طلا دار [۱].

۱-۱۲- چگونگی تشکیل کانسارهای طلای اپی ترمال:

آبهای سطحی از طریق گسل‌ها و شکستگی‌های واقع در مناطق آتشفشانی به طرف پایین به حرکت درآمده، تحت تاثیر حرارت آزاد شده از سنگهای منطقه تشکیل چرخه آبگرم را خواهند داد. ترکیب شیمیایی آبگرم ارتباط مستقیم با ترکیب شیمیایی و مینرالوژی سنگهای منطقه، میزان تخلخل، شکستگی و درجه حرارت محلول را خواهند داشت. تحقیقات Henly نشان می‌دهد که طلا در محلولهای گرمایی در حرارت پایین بیشتر به صورت کمپلکس‌های بی سولفید حمل می‌شوند، و کمپلکس‌های کلر نقش مهمی در انتقال طلا ندارند. بر این اساس می‌توان گفت که سنگهای آتشفشانی که در محیط آب دریا سرد شده‌اند. بدلیل بالا بودن املاح آب، محیط مناسبی برای تشکیل ذخیره طلا نخواهند بود. آرسنیک، جیوه و آنتیموان در محلولهای اپی ترمال بیشتر به صورت کمپلکس‌های بی سولفید حمل شده، اما نقره، سرب و روی اکثراً به صورت کمپلکس‌های کلر در محلول حل می‌شوند. ضمن بالا آمدن محلول بدلیل کاهش فشار ایستایی، به تدریج گازهای HCl, H_2S, CO_2 شروع به ظاهر شدن در محلول می‌کنند. عمقی که گازها شروع به ظاهر شدن می‌کنند تابع غلظت گازها و مقدار املاح محلول است. ظهور گازهای H_2S, CO_2 موجب افزایش pH محلول و در نتیجه باعث ناپایداری کمپلکس‌های کلر گردیده و سرب، روی و نقره به صورت سولفید بر جای گذاشته خواهند شد [۱].



شکل ۱-۱۹- تصویری شماتیک از نحوه تشکیل طلا در کانسارهای اپی ترمال [۱].



شکل ۱-۲۰- شمایی از نحوه تشکیل کنسارهای طلای اپی ترمال و پلاسری [۱].

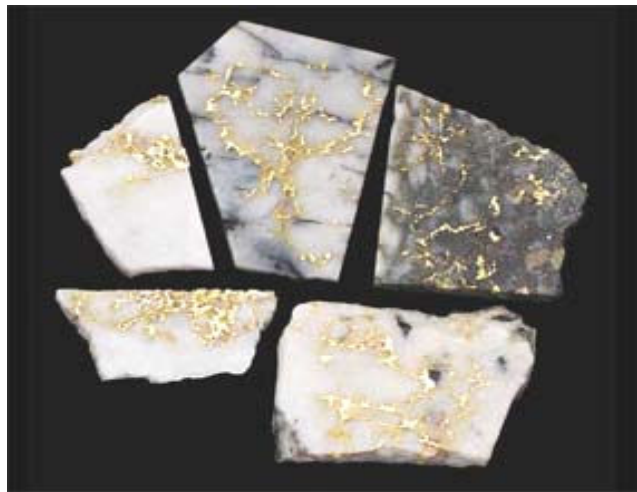
انواع کنسارهای طلای اپی ترمال: کنسارهای طلای اپی ترمال به سه حالت کلی یافت می شوند [۱]:

- ۱- نوع پراکنده در سنگهای کربناته،
- ۲- نوع پراکنده در سنگهای آتشفشانی (نوع چشمه های آبگرم)
- ۳- نوع رگه ای.

۱-۱۳- ژئوشیمی طلا:

طلا یک عنصر سیدروفیل با خاصیت ضعیف کالکوفیلی است. فراوانی طلا در پوسته جامد زمین ۴/۵ گرم در تن است. که این مقدار تقریباً بیست مرتبه کمتر از مقدار نقره در ترکیب پوسته جامد زمین می باشد. فراوانی طلا در آب دریا و سنگهای مختلف به صورت زیر است [۱]:

- آب دریا ۰/۴ گرم در تن - سنگهای رسوبی ۱ گرم در تن - سنگهای متامورف ۴/۲-۰/۷ گرم در تن - سنگهای آذرین اسید ۲ گرم در تن - سنگهای آذرین بازیک ۱۰-۲ گرم در تن و سری بازالتی مانتو (قسمت تحتانی پوسته زمین) در بر دارنده مقدار نسبتاً بالایی طلا می باشد. که این خود گواهی است بر نشات گرفتن این سری بازالتی، از طبقه زیرین خارجی ترین قشر زمین. با این وجود در بازالتها و سنگهای گرانیتی، تمرکزهای عمده ای از طلا بوجود نمی آید و این بدان سبب است که طلا در مرحله ماگماتیسم تاخیری مهاجرت کرده و تشکیل کمپلکس های تیو سولفیت و کلرید را می دهد. اجزای این کمپلکس ها بوسیله محلولهای آبدوست حمل شده و ذخائر هیدروترمال متنوعی را تشکیل می دهند.



شکل ۱-۲۱- وجود طلا در سنگ‌های کوارتزی [۱].

وجود طلا در رگه کوارتزی در سنگ‌های اولترامافیک و مافیک آرکئن به این واقعیت که طلا در این سنگ‌ها به طور غیرعادی بالاست، نسبت داده می‌شود و این سنگ‌ها منابع خوبی برای طلا هستند، هر چند اختلاف آشکاری بین سنگ‌های مینرالیزه و غیر مینرالیزه مشاهده نشده است.

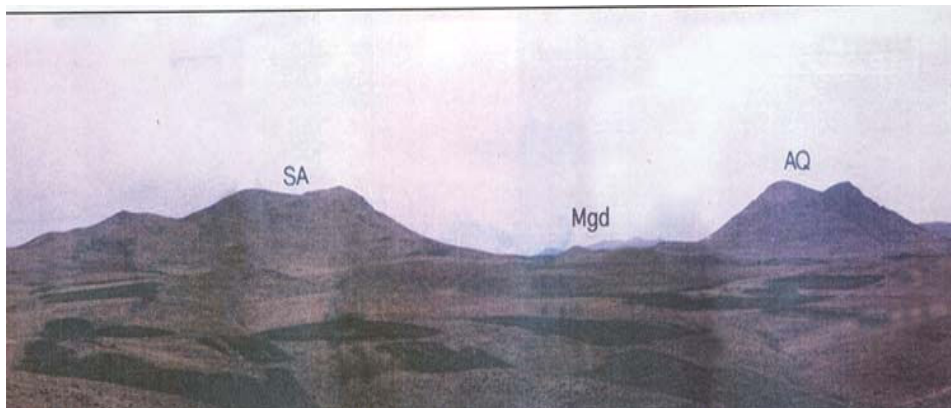
۱-۱۴- حوزه‌های فلززایی طلای ایران :

۱-۱۴-۱- حوزه فلززایی طلا - پلی‌متال ترود - چاه شیرین:

این حوزه در حقیقت یک کمان ماگمایی آتشفشانی - نفوذی با زمان ترشیر (اوسن، الیگوسن، میوپلیوسن) است که بر روی پی سنگ دگرگونه پرکامبرین و پالئوزوئیک به صورت نواری با امتداد تقریباً شرقی - غربی در حاشیه شمالی کویر مرکزی قرار داشته و دارای توان معدنی طلا، مس، سرب و روی، نقره، قلع و تنگستن می‌باشد [۱].

۱-۱۴-۲- حوزه فلززایی طلای مزوترمال مهاباد - مریوان:

در این حوزه سنگ‌هایی از قبیل گنیس، آمفیبولیت، شیست، گرانیت‌های گنایسی، گرانیت و سنگ‌های آهکی متبلور و فیلیت برونزد داشته و رگه‌های سیلیسی آغشته به اکسیدهای آهن و گاه پیریت‌دار و افق‌های منیتیت که بعضاً دولومیتی نیز می‌باشند در منطقه رخنمون دارند. شیرابه‌های سیلیسی که احتمالاً مربوط به فعالیت‌های پس از ماگماتیسم هستند کم و بیش در منطقه مشاهده می‌شود. کانی‌سازی طلا در زون‌های برشی شکننده واقع در این حوزه نظیر سقز و آلوت مشاهده شده است [۱].



شکل ۱-۲۲- نمای عمومی از منطقه داشکسن [۱].

۱-۱۴-۳- حوزه فلززایی طلا - آرسنیک - جیوه - آنتیموان قره - تکاب:

این حوزه شامل مجموعه ای از سنگهای دگرگونی پرکامبرین و پالئوزوئیک است که توسط سنگهای آواری _ کربناته الیگومیوسن مستقیماً و بطور ناهمساز پوشیده شده است [۱].

۱-۱۴-۴- حوزه فلززایی مس، طلا، سرب و روی انارک - خور:

این حوزه مجموعه دگرگونی انارک با رخساره افیولیتی و آواری _ کربناته با زمان پرکامبرین فوقانی تا کامبرین زیرین را در بر می‌گیرد که توسط نهشته های پالئوزوئیک، مزوزوئیک و ترشیر پوشیده شده و با توجه به وجود پوسته اقیانوسی در این زون می‌تواند جایگاه مناسبی برای کانی سازی طلا، مس توده ای، سرب و روی، نیکل، کبالت باشد [۱].

۱-۱۴-۵- حوزه فلززایی کاشمر - تربت حیدریه:

این حوزه در حقیقت یک کمان ماگمایی مرکب از سنگ های آتشفشانی و آواری - آتشفشانی ائوسن است که توسط توده های گرانیتوئیدی ترشیر (الیگوسن - میوسن) قطع شده و به صورت نوار باریک و طولی در حاشیه شمالی کویر بزرگ و در امتداد خاوری - باختری دیده می‌شود. این حوزه در حقیقت ادامه خاوری و بطرف جنوب جابجا شده حوزه فلززایی ترود - چاه شیرین است. کانی سازی طلای اپی ترمال، آنتیموان، مس توده ای (مشابه تکنار) و مس ولکانوژنیک در این حوزه قابل پیش بینی بوده و شاخص ترین آنها کانسار طلای کوه زر، مس تکنار و کانسار طلای ارغش می باشند [۱].

۱-۱۴-۶- حوزه فلز زایی کرمان - زریگان:

در این حوزه نهشته های کربناته پرکامبرین - کامبرین زیرین و پالئوزوئیک فوقانی، محیط مناسبی را برای کانی سازی سرب و روی با سنگ میزبان کربناته بوجود آورده است [۱].
از مهمترین کانسارها، سرب و روی کوشک و سرب و روی گوجر را می‌توان نام برد.

۱-۱۴-۷- حوزه فلززایی طلا، تنگستن، پلی متال بینالود:

این حوزه از طبقه در جنوب مشهد شروع و تا نزدیکی مرز کشور افغانستان یعنی کانسار آنتیموان - تنگستن - طلای تاریک دره ادامه دارد [۱].

در این حوزه، یک توده گرانیتی درون سازند شمشک نفوذ و شیست های ژوراسیک را دگرگون کرده است. در عدسی های کانه دار کانی های آرسنوپیریت، کالکوپیریت، طلا و شلیت دیده می شود. کانسار طلای طبقه نیز که در یک زون برشی شکننده واقع در دگرگونه های پالئوزوئیک محبوس شده در این حوزه قرار دارد.

۱-۱۴-۸- حوزه فلززایی کرومیت، مس توده ای و منگنز در زون درزه سیستان (Zone Sistan suture) (بیرجند - خاش):

کانسارهای کرومیت نوع لایه‌ای همانند دیگر توده های آلیپی در این حوزه نسبتاً فراوان یافت می‌شوند. این کمر بند برای کانی سازی بسیار مناسب به نظر می‌رسد. کمپلکس‌هایی چون رمش، سرخ آباد، نه و رتوک از جمله میزبان‌های مناسب برای این نوع کانی سازی بشمار می‌روند. کانی سازی سولفور توده‌ای مس در مجموعه دایک‌های ورقه ای، گدازه های بالشی از نوع بازالتی با ترکیب تولئیتی در سری های پوسته اقیانوسی نئوتتیس این حوزه شناخته شده است. در این زون فعالیت مجدد گسله های پی سنگی و خروج محلول‌های قلیایی و احتمالاً حاوی اکسید کربن، انحلال، انتقال و نهشته شدن کانسارهای مینزیت را سبب شده و بصورت گسترده ای در این ناحیه دیده می‌شود. کانی سازی منگنز در مرز بین گدازه های بالشی و آهک های پلاژیک نیز در این حوزه به وفور یافت می‌شود [۱].



شکل ۱-۲۳- نمایی از محدوده کانسار خونیک [۱].

۱-۱۴-۹- حوزه فلززایی مس و طلای ده سلم - خوسف:

نوار آتشفشانی - نفوذی این حوزه شامل ردیف ضخیمی از سنگهای آتشفشانی ائوسن است که با روند شمالی- جنوبی در حاشیه شمالی بلوک لوت به طرف شمال گسترش داشته و توسط توده های گرانیتوئیدی الیگوسن قطع شده است. محلول‌های هیدروترمال و مزوترمال حاصل از فعالیت این توده ها،

به تشکیل کانی سازی مس همراه با طلا در سیستم شکستگی‌ها و در سنگ‌های آتشفشانی بصورت رگه های سیلیسی سولفیدی طلا دار منجر گردیده که با ارزشترین آن کانسار رگه ای مس، طلا دار قلعه زری است [۱].

۱-۱۴-۱۰- حوزه فلززایی طلا، آنتیموان، پلی متال خاش - زاهدان:

این حوزه ادامه جنوبی نوار افیولیتی زون درزه سیستان (Sistan suture zone) می‌باشد. مجموعه فلش و سنگهای آتشفشانی پالئوسن روی آنها را پوشانده و توسط توده های گرانیتوئیدی نیمه عمیق ترشیر (الیگوسن - میوسن) قطع شده است. ساختمان بزرگ آتشفشانی تفتان این حوزه را تحت تاثیر قرار داده و سیستم ژئوترمال مربوط به آن، محیط مناسبی برای کانی سازی طلای اپی ترمال، جیوه و آنتیموان بوجود آمده است. کانی سازی مس توده ای، منگنز، کرومیت در بخش های افیولیتی و کانی سازی آنتیموان، طلا، پلی متال وابسته به سیستم های پورفیری ترشیر در این حوزه قابل پیش‌بینی می باشد. کانی‌سازی‌های قلع و تنگستن و پلی‌متال وابسته به توده های گرانیتوئیدی مشابه با گرانتیت زاهدان نیز در این منطقه قابل بررسی است [۱].

۱-۱۵- استخراج معادن طلا:

استخراج سنگ معدنی طلا دار از معادنی که اکتشاف آنها به طور کامل به اتمام رسیده است، با توجه به اطلاعات زمین شناسی و معدنی که از طریق عملیات اکتشافی حاصل شده طراحی می گردد. شکل توده یا رگه ی ماده ی معدنی در دل زمین در پایان اکتشافات تکمیلی مشخص و موقعیت آن در ابعاد مختلف سطحی و عمقی معین می شود. در صورتی که معدن از دو بخش زون اکسیده و سولفیدی تشکیل شده و نظر این باشد بخش اکسیده به روشی جدا از روش مورد نظر جهت استحصال طلا از سنگ های سولفیدی عمل شود [۱].

لذا با توجه به اطلاعات موجود طرح لازم و مناسب جهت معدن مورد نظر تهیه می شود.



شکل ۱-۲۴- نمای از معدن روباز در استرالیا [۱].



شکل ۱-۲۵- نحوه استخراج در معدن روباز [۱].

استخراج معدن عموماً به یکی از دو طریق روباز و زیرزمینی انجام می‌گیرد [۱]:

الف) روش استخراج روباز (open-pit)

این روش در مورد ذخایری که دارای ضخامت قابل ملاحظه‌ای بوده و در قسمت سطح زمین نیاز به خاک برداری و باطله برداری زیادی نداشته باشد به کار برده می‌شود. برای استخراج سنگ معدن معمولاً معدن

را به صورت پلکانی باز می‌کنند (معدن طلای چاه خاتون موته - اصفهان). باز کردن معدن و ایجاد پله‌ها در صورت نرم بودن طبقات تشکیل دهنده سنگ معدن به وسیله بلدوزر انجام می‌پذیرد در این حالت پس از آماده شدن پله‌ها، استخراج و بهره‌برداری ماده معدنی به وسیله بلدوزر انجام می‌پذیرد در این حالت پس از آماده شدن پله‌ها، استخراج و بهره‌برداری ماده معدنی به وسیله ماشین‌آلات بارگیری و حمل و نقل کننده‌ی مواد معدنی و در بعضی موارد به وسیله‌ی ماشین‌آلات مدرن و بهره‌گیری از نوار نقاله صورت می‌گیرد در موادی که طبقات تشکیل دهنده‌ی ماده‌ی معدنی از سنگ‌های سخت و سیلیسی باشد استخراج و بهره‌برداری ماده معدنی به وسیله حفر چال‌ها و آتش‌باری به وسیله مواد ناریه انجام می‌گیرد. روش‌های روباز از نظر نوع و ارتفاع پله‌ها به انواع مختلفی تقسیم بندی میشوند که هر یک به نام روش خاصی نامگذاری می‌شوند.

ب) روش استخراج زیرزمینی (underground)

این روش در مورد ذخایری که دارای ضخامت قابل ملاحظه نبوده و در قسمت‌های عمقی زمین قرار گرفته و برای رسیدن به ماده معدنی نیاز به باطله‌برداری زیادی دارد به کار برده می‌شود. روش‌های زیرزمینی عموماً به دو دسته تقسیم می‌شوند، یکی روش‌های زیرزمینی با استفاده از حفر تونل‌های استخراجی، دوم روش‌های استخراجی زیرزمینی با استفاده از حفر چاه‌های استخراجی.



شکل ۱-۲۶- تصویر از تونل معدن زیرزمینی در آمریکا [۱].

۱-۱۶- موارد مصرف طلا:

در درجه اول از طلا به منظور سکه زنی و تهیه شمش و پشتوانه ارزی استفاده می‌شود به طوری که در کشور‌های سرمایه‌داری رقمی حدود ۴۰۰۰۰ تن را شامل می‌شود. مقدار باقی مانده طلا در تولید

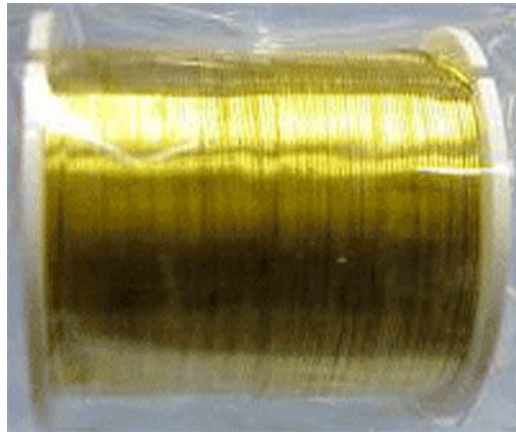
لوازم مختلف به کار می‌رود که جواهرات زینتی در صدر آنها قرار دارد (۵۰٪). انواع سبزی و سفید و زرد طلا در جواهرسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به خاطر نرمی در جواهرسازی آن را مس، نقره، نیکل و یا پالادیم همراه می‌کنند [۱].



شکل ۱-۲۷- شمش‌های طلا [۱].

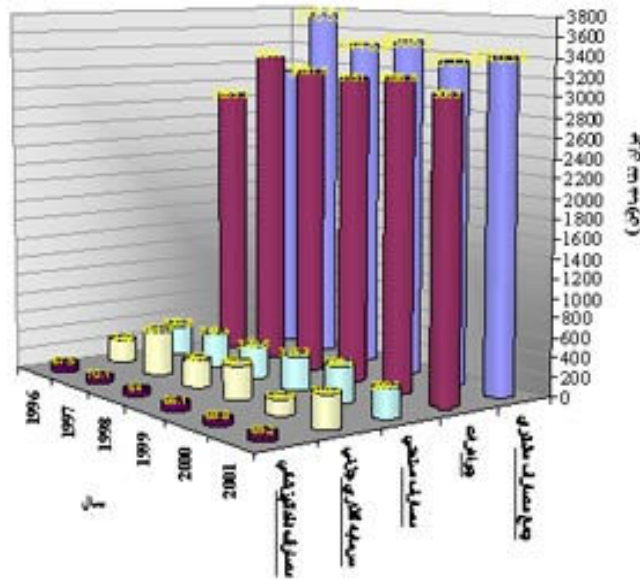
عمده‌ترین موارد تقاضای طلا برای جواهرات، صنایع الکترونیک، دندان‌پزشکی، سرمایه‌گذاری‌های جزئی و دیگر موارد است. تقاضای مشتری یکی از موارد تقاضای طلا است که مجموع سرمایه‌گذاری‌های جزئی و تقاضا برای جواهرات را شامل می‌شود. میزان تقاضای طلا برای مصارف دندان‌پزشکی و صنایع در طول سال تقریباً ثابت است و تغییر خاصی را نشان نمی‌دهد ولی تقاضای طلا برای جواهرات در طول سال متغیر است بطوری‌که در سه ماهه آخر سال بالاترین مقدار را نشان می‌دهد و در تمام کشورها بالاترین میزان تقاضای طلا در روزهای قبل از سال نو آن‌ها است که به دلیل مصرف در ساخت جواهرات می‌باشد. اطلاعات موجود در سال ۱۹۹۵ معرف آن است که کشورهای آسیای شرقی و جنوب شرقی مجموعاً با خرید ۱۱۲۶ تن طلا رکورددار تقاضای طلا در سطح منطقه بوده‌اند. این مقدار حدود ۴۰ درصد کل تقاضای جهانی طلا بود که دلیل عمده آن شکوفایی اقتصادی این منطقه از جهان در این سال‌ها است. کشور هند با متوسط تقاضای ۷۰۰ تا ۸۰۰ تن طلا، در صدر کشورهای مصرف‌کننده طلا قرار دارد زیرا در هند طلا و جواهرات جایگاه ویژه‌ای دارد. انواع آلیاژهای طلا در صنعت ارزش روزافزونی پیدا کرده است. طلا در صنایع و نیز سیستم‌های دفاعی با تکنولوژی بسیار مدرن کاربرد دارد. این فلز در انواع زیادی از لوازم الکترونیکی حالت جامد، در وسایل ثبت و کنترل صنعتی و تجهیزات مقاوم به خوردگی، در فرآیندهای شیمیایی به کار برده می‌شود. مصرف صنعتی طلا در سال ۱۹۸۳ حدود یک میلیون اونس بوده اما مصرف آن در کاربردهای حساس مستقیم مانند الکترونیک و سخت افزار نظامی، احتمالاً به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر می‌باشد. در میان موارد استفاده استراتژیک و صنعتی طلا، مهم‌ترین استفاده آن

در لوازم الکترونیکی به ویژه در بردهای مدار چاپی اتصالات کنتاکتورهای اصلی، مدارهای مینیاتوری و به عنوان یک دو پانت در بعضی از نیم رسانا ها را می توان نام برد [۱].



شکل ۱-۲۸- تصویری از طلای رشته ای [۱].

طلا به دلیل هدایت الکتریکی بالا و مقاومت در برابر اکسید شدن، اهمیت ویژه‌ای در ساخت تجهیزات الکترونیکی و کامپیوتری دارد. آلیاژهای لحیم کاری سخت (زردجوش) که حاوی طلا می باشند، در ارتباط با صنعت هوافضا به ویژه در مونتاژ بعضی از موتورهای توربینی جهت نظامی و نیز موتورهای راکت با عملکرد بالا، مهم می باشند. طلا به عنوان یک بازتاب کننده تشعشعات مادون قرمز در ادوات گرمادهی تابشی و نیز ادوات خشک نمودن و پنجره های عایق حرارتی مورد استفاده در ساختمان های بزرگ و فضاپیماهایی از قبیل شاتل فضایی که به طلا به عنوان حفاظت کننده و seal کننده ای برای سیستم خنثی کننده ی فشار آئرودینامیک (propulsion) حیاتی اش در مقابل مشکلات ناشی از شکنندگی هیدروژن می نگرد و تکیه دارد، مورد استفاده قرار می گیرد. طلا را به شکل مایع های آلی فلزی ارگانومتالیک برای تزئین شیشه و چینی استفاده کرده و از برگ طلا (goldleaf) برای تزئین داخل و خارج ساختمان ها استفاده می کنند [۱].



شکل ۱-۲۹- تقاضای جهانی طلا برای مصارف عمده (۱۹۹۶-۲۰۰۱) [۱].

در حدود ۲/۲ درصد از تقاضای طلا در دندانپزشکی مصرف می‌شود زیرا علاوه بر مقاومت در برابر خوردگی، با همان نرخ رشد مینای دندان منبسط می‌شود.

میزان تقاضا برای دندانپزشکی و مصارف صنعتی در طول سال تقریباً ثابت می‌باشد و تغییرات خاصی را نشان نمی‌دهد. ولی تقاضا برای جواهرات و تقاضا برای مشتری که متأثر از تقاضا برای جواهرات است در سه ماهه آخر سال بالاترین مقدار را نشان می‌دهند. از طلا همچنین در نوارهای تزئینی و یراق دوزی، پارچه های زربفت، تذهیب کاری، صفحه نگاری کتب و نامه نگاری استفاده می‌شود. از دیگر موارد استفاده ی طلا کاربرد آن در صنایع شیمیایی و پزشکی و عینک سازی می‌باشد [۱].

۱-۱۶-۱- مصارف درمانی طلا:

از گذشته‌های خیلی دور طلا برای درمان بسیاری از بیماری‌ها استفاده می‌شد. در اینجا به تعدادی از این بیماری‌ها اشاره می‌شود [۱]:

۱- در حدود سال ۱۸۸۵ در آمریکا طلای کلوئیدی به عنوان درمان دیپسومانیا (dipsomania) که میل شدید به مصرف الکل می‌باشد، به کار می‌رفت.

۲- اولین تحقیق پزشکی مستند و مدرن در مورد کاربرد طلا در سال ۱۸۹۰ صورت گرفت. در این سال دکتر رابرت کخ کشف کرد که باسیل سل نمی‌تواند در حضور طلا زندگی کند.

۳- در اوایل دهه ۱۹۰۰ پزشکان برای درمان دردهای مفصلی، قطعه‌ای از طلا به ارزش پنج دلار را در زیر پوست، مثلاً در ناحیه مفصل زانو کار می‌گذاشتند در نتیجه در بیشتر موارد درد کاهش یافته یا کاملاً برطرف می‌شد.

- ۴- از سال ۱۹۲۷ طلا به‌طور مداوم برای درمان آرتروز به‌کار گرفته شده‌است.
- ۵- طلا در مورد ناهنجاری‌های غددی و عصبی مورد استفاده بوده و در احیاء مجدد فعالیت‌های غددی، تحریک اعصاب و آزاد کردن فشار عصبی سودمند است.
- ۶- طلا می‌تواند بر مکانیسم گرمایی بدن تاثیر مثبتی داشته باشد. بویژه در مورد عرق کردن‌های شبانه، تشنگی شدید و ضعف و کاهش دمای بدن موثر است.



شکل ۱-۳۰- مصرف طلا در دندانپزشکی [۱].

۱-۱-۱۶-۱- مزایا

- ۱- ماده با عمر زیاد.
- ۲- شکل پذیر بوده و به راحتی به شکل دلخواه در می‌آید.
- ۳- طلا دارای سختی در حدود مینای دندان است و به‌طور مناسب دندان را می‌پوشاند.
- ۴- طلا شکننده نبوده و خرد نمی‌شود.
- ۵- طلا سازگار با محیط زیست و غیرسمی می‌باشد.

۱-۱-۱۶-۲- معایب

- ۱- طلا بسیار گران است.
- ۲- طلا یک هادی بسیار مناسب حرارت می‌باشد.
- ۳- رنگ زرد طلا ممکن است بر زیبایی اثر نامطلوبی داشته باشد.
- ۴- طلا به ساختار دندان متصل نمی‌شود و هر زمانی ممکن است جدا شود.
- ۵- طلا ممکن است با قطب‌های الکتریکی بدن واکنش دهد.

۱-۱۶-۲-لیزر

یکی از مهمترین علوم امید بخش پزشکی بحث لیزر یونی است، سطوح داخلی که بوسیله طلا پوشیده شده تمرکز اشعه را کنترل می نماید. در گسترش لیزر، بخار لیزر طلا می تواند نور قرمز با دانسیته بالا که نیاز به طول موج بالا دارد، تولید کرده و سلول های سرطانی را بدون هیچ زخمی در مجاورت سلول های سالم نابود سازد. لیزر کم وزن جدید، بوسیله افراد نظامی طراحی شده و در محل تماس صفحات طلا استفاده میشود و برای زخم های ایجاد شده در مناطق جنگی استفاده می شود، به موجب آن از دست دادن خون کاهش یافته و شانس زنده ماندن در مورد زخم های جدی افزایش می یابد. در بیمارستان ها، این طرح جدید اجازه می دهد تا در صدمه های شدید و اورژانسی و بدون حرکت دادن بیمار، شانس زنده ماندن افزایش یابد [۱].



شکل ۱-۳۱- نمایی از دستگاه لیزر طلا دار [۱].

جراحان از ابزارآلات طلا برای تمیز کردن لخته های خون در رگ های قلب استفاده می کنند. جراحی میکروسکوپی گلوله های طلا باعث کندتر شدن پیشرفت سرطان پروستات در مردان می شود. بعضی از انواع سرطان بوسیله کلوئیدهای طلا درمان می شوند. لیزر با پوشاندن جزء به جزء بوسیله طلا زندگی جدیدی به بیماران قلبی که به سختی عمل می شوند، می بخشد. لیزرهای وابسته به طلا، انقلابی در عرصه پزشکی ایجاد کرده اند، از تخریب سلول های سرطانی تا جراحی های اورژانسی و جراحیهای حساس روی چشم و بافت های مغز که در گذشته ممکن نبوده اند را ممکن پذیر ساخته است. اخیراً، لیزرهای پوشیده بوسیله طلا برای جوان سازی بافت پوست با از بین بردن قسمت های سوخته و صدمه دیده پوست به کار برده می شوند. طلا می تواند در داخل بدن انسان بدون احتمال فرسودگی و صدمه واکنش های فیزیکی در بسیاری از نمونه ها مورد استفاده قرار می گیرد [۱].

۱-۱۶-۳- دماسنج

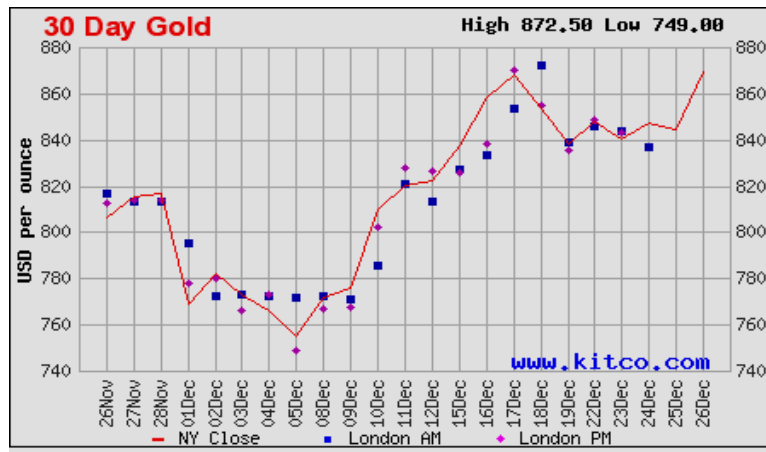
طلا یکی از کلیدی ترین اجزاء دماسنج های مدرن می باشد، این دماسنج می تواند دمای داخلی بدن انسان را در ظرف ۲ ثانیه، فقط با نگه داشتن دماسنج در مقابل گوش خارجی قرائت کند. دمای خوانده شده بسیار دقیق بوده زیرا پرده گوش مانند هیپوتالاموس وظیفه تقسیم خون را برعهده دارد، بنابراین این ارگان دمای داخلی بدن را کنترل می نماید. در دماسنج حاوی طلا یک لوله پوشیده شده طلا که به نام "هادی موج" نامیده می شود و گرما را از گوش به قسمت های حساس دماسنج منتقل می نماید [۱].



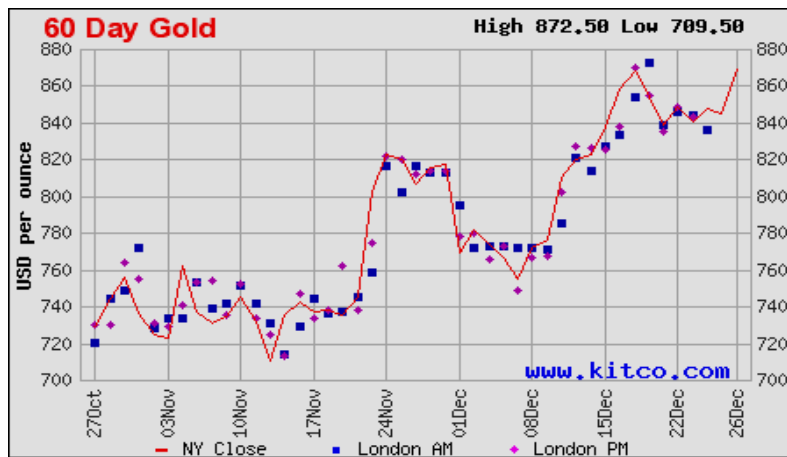
شکل ۱-۳۲- نمایی از دستگاه دماسنج لیزری [۱].

۱-۱۷- قیمت جهانی طلا

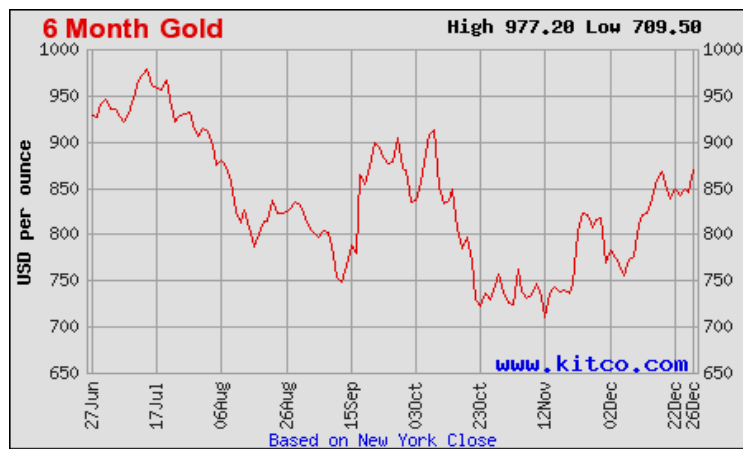
با توجه به نمودارهای ارائه شده در اشکال ۱-۳۳ تا ۱-۳۷ قیمت جهانی طلا در محدوده زمانی ۳۰ روز، ۶۰ روز، ۶ ماه، ۵ سال و ۱۰ سال آورده شده است. قیمت طلا (دلار آمریکا) بر حسب اونس طلا می باشد [۲].



شکل ۱-۳۳- تغییرات قیمت طلا در ۳۰ روز گذشته (تا ۲۶ دسامبر ۲۰۰۸) [۲].



شکل ۱-۳۴- تغییرات قیمت طلا در ۶۰ روز گذشته (تا ۲۶ دسامبر ۲۰۰۸) [۲].



شکل ۱-۳۵- تغییرات قیمت طلا در ۶ ماه گذشته (تا ۲۶ دسامبر ۲۰۰۸) [۲].



شکل ۱-۳۶- تغییرات قیمت طلا در ۵ سال گذشته (تا ۲۶ دسامبر ۲۰۰۸) [۲]



شکل ۱-۳۷- تغییرات قیمت طلا در ۱۰ سال گذشته (تا ۲۶ دسامبر ۲۰۰۸) [۲].

فصل دوم

اطلاعات منطقه

۲- اطلاعات منطقه:**۲-۱- مقدمه:**

در راستای اکتشافات ژئوشیمیایی در ورقه‌های یکصد هزارم و با در نظر گرفتن اطلاعات حاصل از این نوع اکتشافات مناطق امیدبخشی بر اساس آنومالی‌های بدست آمده از عناصر مختلف معرفی می‌گردد. در طی طرح اکتشافات ژئوشیمیایی در محور یزد - سبزواران (توسط کارشناسان کشور چک) مناطق امید بخشی طی یک گزارش ویژه ارائه شده است. منطقه هشتم معرفی شده مربوط به برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ شهر بابک می‌باشد. این منطقه به لحاظ کانی‌سازی طلا ارزشمند تلقی گردیده و برای مطالعات اکتشافات نیمه‌تفصیلی و تفصیلی روی این منطقه انجام گردیده است [۳].

۲-۲- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی:

این محدوده در استان کرمان، شهرستان شهر بابک در ۴۰ کیلومتری شمال شهر بابک قرار گرفته است. راه دسترسی به منطقه جاده آسفالت شهر بابک به انار بعد از ۱۵ کیلومتر به سمت معدن میدوک که پس از ۲۵ کیلومتر به مجتمع میدوک رسیده و پس از طی حدود ۸ کیلومتر محدوده لاطلا مشخص است [۳].

۲-۳- تاریخچه:

کارشناسان کشور چک در سالهای ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰ عملیات اکتشافی و نمونه‌برداری را انجام داده و طی گزارشی مناطق امید بخشی را معرفی نموده بر این اساس گروهی از کارشناسان معاونت اکتشاف به سرپرستی سید احمد مشکانی به منطقه اعزام شده تا با نمونه‌برداری و بازدید اجمالی از منطقه صحت مطالب ارائه شده را مورد بررسی قرار دادند. این کارشناسان با در نظر گرفتن حوضه‌های آبریز ۱۳ سایت نمونه‌برداری برای این منطقه طراحی نموده و همچنین ۹ نمونه مینرالیزه نیز از رخنمون‌های معدنی برداشت نمودند. نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌ها قابل توجه بوده لذا این منطقه پریپتانسیل تلقی گشته و ادامه عملیات اکتشاف نیمه تفصیلی و تفصیلی پیشنهاد گردید. منطقه مورد نظر در قالب طرح ورقه‌های ۱:۲۵۰۰۰ مطرح گردید و نقشه ۱:۲۵۰۰۰ میدوک جهت ادامه عملیات اکتشافی مناسب تشخیص داده شد. با توجه به اثبات وجود طلا در این منطقه اکثراً از مدیریت امور اکتشاف به سرپرستی یاشا موقر به منطقه اعزام گردید و طی بررسی‌های انجام شده منطقه لاطلا را که دارای چندین رگه سیلیسی حاوی کانه‌زایی طلا، مس، سرب و روی بوده به عنوان اولویت اول در نظر گرفته و نمونه‌برداری سیستماتیک در طول این رگه‌ها انجام پذیرفت. با توجه به نتایج آنالیزها و بازدیدهای بعمل آورده شده ادامه عملیات اکتشافی در قالب نقشه‌های معدنی ۱:۲۵۰۰۰ در دست اقدام می‌باشد [۳].

۲-۴- زمین‌شناسی عمومی:

سنگ‌های این منطقه شامل فلیش، آندزی بازالت، توف و تراکی‌آندزیت با سن کرتاسه و ائوسن می‌باشد. سنگ میزبان کانسارهای موجود در منطقه شامل لاجاه و کوه سارا را کمپلکس‌هایی از سنگ‌های آتشفشانی - رسوبی و بستری از سنگ‌های نیمه ولکانیک بعضاً آلتره و مینرالیزه تشکیل می‌دهد. گسل اصلی این منطقه در گوشه شمال شرق در نزدیکی روستای دهنو قرار داشته و بصورت موازی با روند طاق‌دیس می‌باشد. روند گسلها و دایک‌ها شرقی - غربی و شمالی - جنوبی می‌باشد. بطور مثال کانسار چاه‌مسی دارای رگه‌های سیلیسی با روند شمالی - جنوبی و همراه با کانه‌زایی سرب و روی می‌باشد. در میدوک، لاجاه و کوه سارا آثار کارهای شدادی قدیمی مشاهده و همین‌طور مقدار زیادی سرباره در منطقه یافت شده است [۳].

۲-۴-۱- کانی‌سازی در محدوده لاطلا:

سنگ درونگیر کانه‌زایی لاطلا در محدوده برداشت ۱:۵۰۰۰، تناوبی از سنگ‌های آتشفشانی - رسوبی از قبیل توف، ماسه‌سنگ، کنگلومرا، آگلومرا و در قسمت‌هایی مرز این واحد با واحد آندزیت پورفیری تا مگا پورفیری می‌باشد. واحدهای دیگر سنگی موجود در منطقه را داسیت و گدازه تشکیل می‌دهد. مهمترین سیمای کانی‌سازی در محدوده مورد مطالعه، پهنه‌های کانی‌سازی رگه‌ای - رگچه‌ای می‌باشد که توسط گسلها و پهنه‌های گسلی کنترل شده است. در مجموع ۷ رگه که در آن کانی‌سازی رخ داده، شناسایی گردیده است، که امتداد اغلب آنها شمالی - جنوبی تا شمال باختر - جنوب‌خاور می‌باشد. پهنای رگه‌های کانی‌سازی از ۲۰ سانتی‌متر تا ۲۰ متر و طول قابل مشاهده تا ۱۳۰۰ متر می‌باشد. شیب عمومی رگه تقریباً قائم می‌باشد [۳].

کانیهای اصلی تشکیل دهنده رگه‌های کانی‌سازی کوارتز، گوتیت، هماتیت، کانیهای رسی و کلسیت می‌باشد. همچنین کانه‌های تشکیل دهنده آنها عبارتند از: پیریت، کالکوپیریت، مالاکیت، آزوریت، بورنیت، کولیت، گالن، سروزیت، اسفالریت، همی‌مورفیت، انارژیت، طلا، لیمونیت، هماتیت، گوتیت، اولیژیست، آلونیت، ژاروسیت، روتیل و اکسیدهای تیتانیوم می‌باشد. ساخت و بافت کانی‌های فلزی اغلب Open Space می‌باشد [۳].

۲-۵- کانی‌شناسی:

در مقیاس نمونه دستی کانی‌های اصلی تشکیل دهنده کانی‌سازی لاطلا، کانی‌های اکسید سیلیسیوم هستند که به سه شکل بلورین، ریز بلور و نهان بلور و در انواع کوارتز مشاهده می‌شوند. محصول دگرسانی پیریت شامل هماتیت، گوتیت و لیمونیت می‌باشد. علاوه بر آن، جاروسیت و آلونیت نیز همراه با سایر کانی‌های اکسید آهن، در متن سنگ مشاهده می‌شوند. از دیگر کانی‌های فلزی که در نمونه دستی با

چشم غیر مسلح و یا ذره‌بین قابل رویت می‌باشند، می‌توان از کالکوپیریت، اسفالریت، گالن، مالاکیت، آزوریت، بورنیت، کالکوسیت و اولیژیست نام برد [۳].

مطالعات میکروسکوپی بر روی ۴۱ نمونه مقطع صیقلی نتایج ذیل را نشان می‌دهد [۳]:

۲-۵-۱- پیریت

اغلب بصورت کریستالهای شکلدار، کمتر نیمه شکلدار و قسمت‌هایی بصورت ذرات غیر هندسی تشکیل شده است. این بلورها دارای ابعاد متغیر ۳ تا ۱۳۰۰ میکرون بوده و اغلب دارای بافت Open Space می‌باشد. فراوانی پیریت در مقاطع مورد مطالعه، از ۱ تا ۳۰ درصد تخمین زده می‌شود. در برخی از مقاطع، دگرسانی سوپرژن شدید تمامی پیریتها را به اکسیدهای ثانویه آهن تبدیل نموده و در قالب اولیه پیریت برجا گذاشته است.

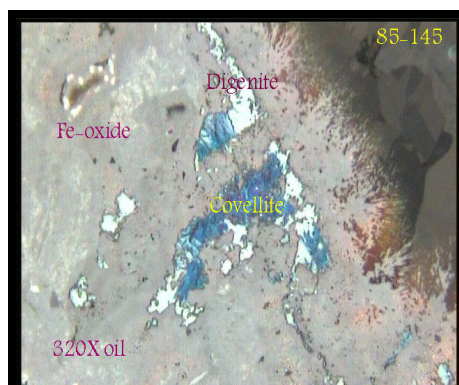
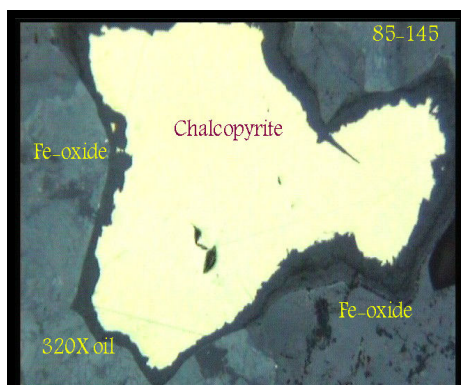
۲-۵-۲- کالکوپیریت

اغلب بصورت کریستالهای درشت، نیمه اتومورف بعضا گزنومورف، به ندرت پراکنده با ابعادی متغیر از ۵ تا ۷۰۰ میکرون تشکیل شده است. از اطراف و حواشی به کریستالهای کوچک کولیت و دیژنیت و به مقدار زیاد به اکسیدهای آبدار و ثانویه آهن آلتزه شده‌اند. اغلب دارای بافت Open Space و در قسمت‌هایی Relict texture می‌باشد. درصد فراوانی این کانی در مقاطع مورد مطالعه بین ۱ تا ۱۰ درصد می‌باشد. بعضی از دانه‌های آن حاوی انکلوزیونهایی از پیریت است.

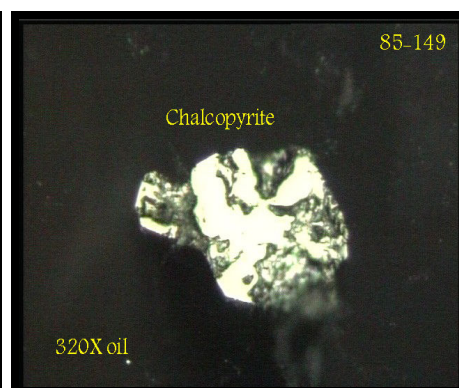
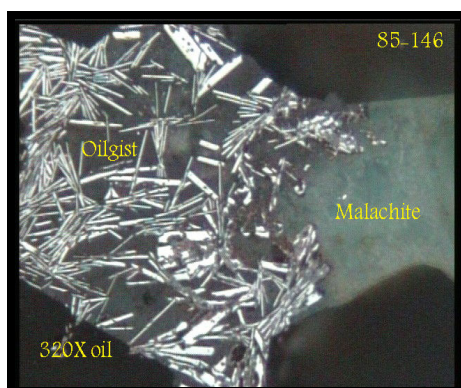
۲-۵-۳- گالن

اغلب بصورت کریستالهای اتومورف و در قسمت‌هایی به شکل ذرات ریز غیر هندسی با ابعادی متغیر از ۲۰ تا ۶۰۰ میکرون کانی‌سازی دارد این کانی از حواشی و اطراف به سروریت و انگلریت تبدیل شده است. در قسمت‌هایی به درون درز و شکافهای کالکوسیت و بورنیت وارد شده و در سطح مقطع به شکل انکلوزیونهای کاذب دیده می‌شود. فراوانی آن از ۱ تا ۳۵ درصد متغیر می‌باشد.

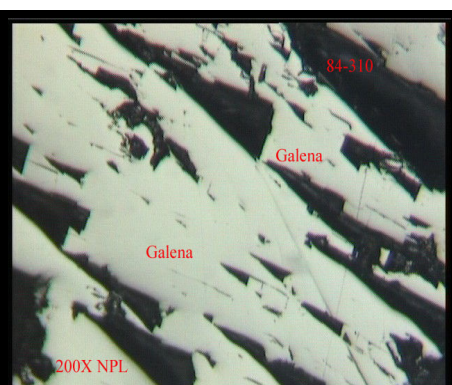
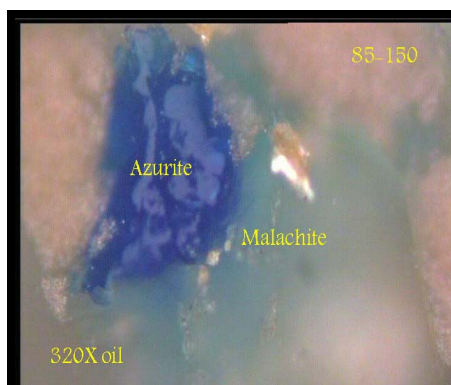
۲-۵-۴- اسفالریت : اغلب بصورت کریستالهای اتومورف با ابعاد ۲۰ تا ۶۰۰ میکرون تشکیل شده است. در متن برخی از این بلورها ذرات بسیار ریز کالکوپیریت دیده می‌شود. اطراف این بلورها توسط کریستالهای کوچک کولیت و دیژنیت احاطه شده است. در قسمت‌هایی اسفالریت با کالکوپیریت و گالن هم‌رشدی دارد. فراوانی این کانی در مقاطع مورد مطالعه از ۱ تا ۱۰ درصد می‌باشد.



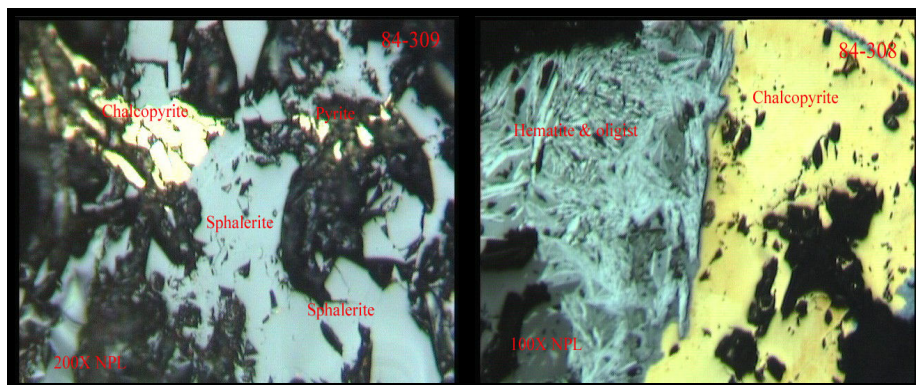
شکل ۲-۱- حضور کانی کالکوپیریت همراه با دیگر کانیها [۳].



شکل ۲-۲- حضور کانی کالکوپیریت همراه با دیگر کانیها [۳].



شکل ۲-۳- حضور کانی گالن همراه با دیگر کانیها [۳].



شکل ۲-۴- حضور انواع کانی‌های فلزی در مقاطع صیقلی [۳].

فصل سوم

روشهای فرآوری طلا

۳- روشهای فرآوری طلا

۳-۱- روش فیزیکی:

۳-۱-۱- جدایش ثقلی:

شکل پیدایش: طلای ناتیو(تمیز، لکه دار، پوشش دار)

اندازه دانه‌ها: خیلی ریز تا درشت

فرم همراه‌ها: آزاد یا در کانی گانگ

سولفورها: فاقد سولفور یا خیلی کم

کانی‌های باطله: کوارتز و مقادیر کم رس

در این روش از اختلاف وزن مخصوص کانی‌های مختلف برای جدایش آنها از یکدیگر استفاده می‌شود. در قدیم از این روش برای استخراج طلا از ذخایر آبرفتی (پلاسرها) استفاده می‌شده است معمولاً از این روش برای استخراج ذرات دانه درشت طلا استفاده می‌شود. از روش ثقلی به ندرت به تنهایی در بهره برداری از معادن و استحصال طلا استفاده می‌شود واکثراً از این روش به همراه روش سیانوراسیون و ملقمه سازی استفاده می‌شود. به این صورت که از کنستانتره یا محصول پر عیار که از روشهای ثقلی بدست می‌آید می‌توان بوسیله روش ملقمه طلای آن را جدا نمود [۴].



شکل ۳-۱- آزمایش ثقلی برای جدایش طلا [۱].



شکل ۳-۲- آزمایش ثقلی برای جدایش طلا [۱].

۳-۱-۱-۱- جیگ

جیگ یکی از قدیمیترین دستگاههای پر عیار کردن ثقلی مواد است که معمولاً برای پر عیار کردن مواد نسبتاً دانه درشت استفاده می‌شود. طرز کار جیگ این گونه است که اگر سطح مشخصی در داخل جیگ به عنوان سطح مبنا در نظر گرفته شود آب نسبت به این سطح دارای دو حرکت است، یکی رو به بالا یا حرکت جهشی و یکی رو به پایین یا حرکت کششی که این حرکت نوسانی توسط مکانیزمی (مانند پیستون) که دارای حرکت موجی یکنواخت است ایجاد می‌شود. این حرکت در طول لایه بار اولیه ایجاد حرکت‌های جهشی و کششی می‌کند که آن حرکت باعث لایه بندی مواد می‌شود ذرات سبکتر که در بالا قرار گرفته اند از قسمت سر ریز خارج می‌شوند و ذرات سنگین تر که در پایین لایه قرار می‌گیرند می‌توانند از قسمت ته ریز خارج شوند. فرکانس این حرکت بین ۵۰ تا ۳۰۰ مرتبه در دقیقه متفاوت است [۴].



شکل ۳-۳- نمایی از قسمت پایینی دستگاه جیگ [۱].



شکل ۳-۴- نمایی از دستگاههای جیگ [۱].

۳-۱-۱-۲- میز لرزان

در میان دستگاه‌های آرایش ثقلی احتمالا میز لرزان موثرترین آنهاست که برای آرایش مواد دانه ریز و گاهی آرایش نهایی موادی که بوسیله سایر روش‌های ثقلی پرعیار شده اند استفاده می‌شود. میز لرزان از سطحی مستطیل شکل که در جهت عرضی شیبی جزئی دارد تشکیل شده است. سطح میز توسط موانعی که معمولا در امتداد طول هستند پوشیده شده است. ارتفاع این موانع از سمت ورود بار اولیه بطرف دیگر بتدریج کم می‌شود به نحوی که بخشی از میز در انتهای آن صاف و بدون مانع است. بار اولیه با غلظت حدودا ۲۵٪ وزنی جامد بر روی ابتدا و بالای میز ریخته می‌شود و در قسمت‌های بعدی میز، آب شستشو از بالا به آن اضافه می‌گردد توسط مکانیزمی حرکت نوسانی در جهت طول میز به آن وارد می‌شود که به آرامی به جلو برده و به سرعت میز را عقب می‌کشد. در نتیجه ذرات جامد بر روی سطح در امتداد طول آن به جلو پرتاب می‌شود این عمل باعث می‌شود که ذرات سنگین تر در امتداد طول حرکت کرده و به قسمت جمع کننده محصول پرعیار بروند و مواد سبکتر عرض میز را طی کرده و در قسمت باطله ریخته شوند [۴].

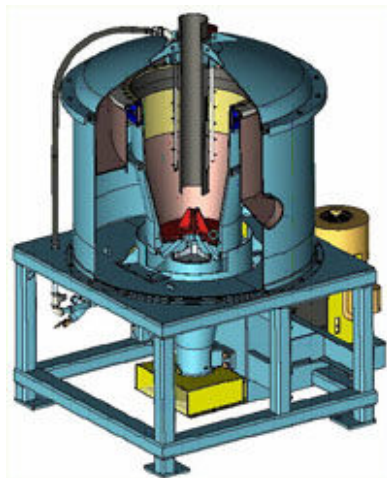


شکل ۳-۵- نمای کلی از دو میز لرزان [۱].

۳-۱-۱-۳- روش‌های جدید ثقلی

جداکننده‌هایی که بطور خاص برای جاسازی طلای آزاد طراحی شده اند که از نیروی گریز از مرکز استفاده می‌شود که می‌توانند ذرات طلا را حتی تا ابعای میکرون و کمتر را جدا کنند [۴].

الف) جداکننده ثقلی ناسن ب) جداکننده ثقلی نلسون

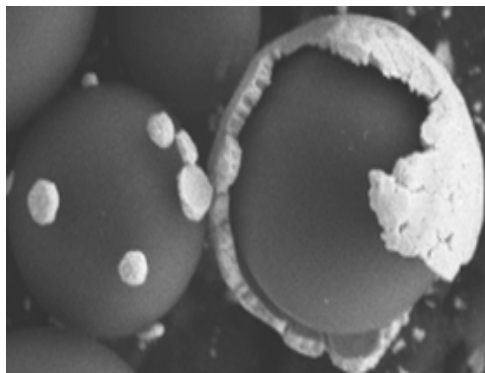


شکل ۳-۶- جداکننده ثقلی نلسون [۵].

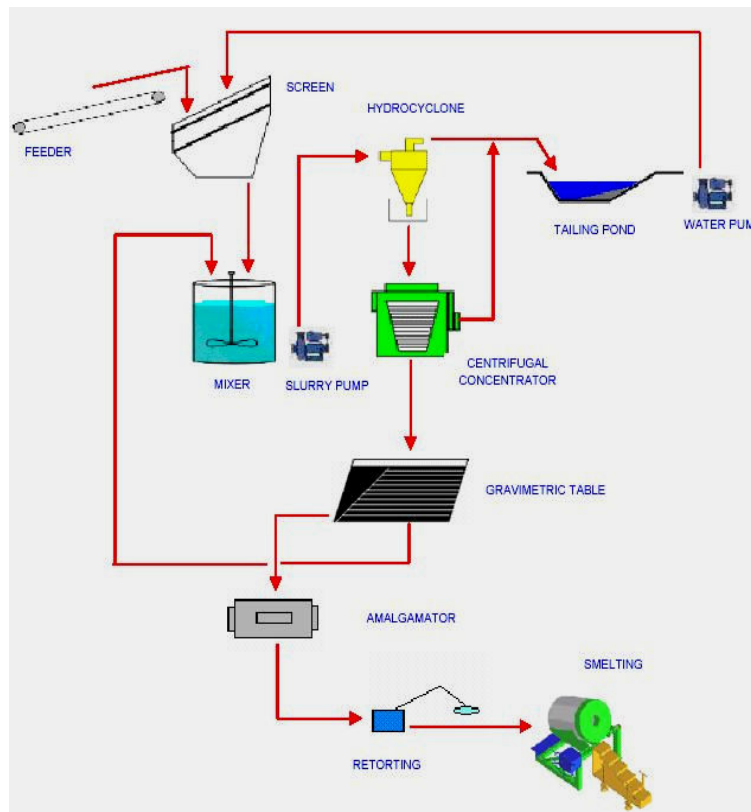
۳-۲- روش شیمیایی - فیزیکی:

۳-۲-۱- روش ملقمه سازی یا آمالگاماسیون:

در طی قرن‌ها روش ملقمه سازی عمده ترین روش برای جدا کردن طلا و نقره آزاد یا طبیعی از کانه های حاوی آنها بوده است. اساس این روش بر خاصیت جذب طلا و نقره توسط جیوه استوار است. با استفاده از این روش به سادگی می توان طلا را از دیگر کانیهای باطله جدا نمود. این روش برای کانسارهایی که طلای آزاد با عیار قابل ملاحظه ای دارند کاربرد دارد. در ابتدا از این روش به تنهایی استفاده می شد ولی بعد از استفاده از روش سیانوراسیون، روش ملقمه سازی به عنوان روشی مکمل سیانوراسیون بکار برده می شود. آمالگاماسیون عمده ترین روش بازیابی طلای بود که در قرن گذشته در معادن طلا استفاده می شد. آمالگاماسیون خالص (بدون استفاده از روش دیگر) هنوز بوسیله بعضی معدنکاران صنعتی طلا انجام میشود متأسفانه این روش به طور گسترده در بسیاری از کشورهای آفریقایی استفاده می شود. نتایج مخرب برای سلامتی انسان و محیط زیست به خاطر جیوه ای که در خلال عملیات به داخل رودخانه آزاد میشود به همراه دارد [۴].



شکل ۳-۷- نحوه اتصال عنصر طلا به جیوه به صورت دانه های آمالگام [۶].



شکل ۳-۸- مدار فرآوری طلا به روش آمالگاماسیون [۶].

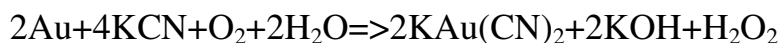
۳-۳- روش شیمیایی :

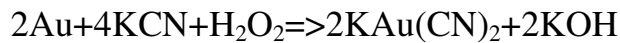
۳-۳-۱- روش کلریناسیون:

قبل از ابداع طریقه استخراج طلا بوسیله سیانوراسیون طریقه کلریناسیون در سال ۱۸۵۰ برای کنستانتره طلا مورد استفاده قرار می گرفت و به علت کشنده بودن گاز کلر و امکان وقوع حادثه در کارخانه صرفاً در مواردی خاص و برای مقادیر کمی از پرعیار بکار میرفت [۴].
از روشهای کلریناسیون میتوان روش پلات نر، روش شبکه ای و روش محلول در مخزن را نام برد.

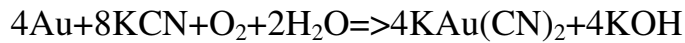
۳-۳-۲- روش سیانوراسیون

روش سیانوراسیون مهمترین روش فرآوری طلا است. انحلال طلا توسط سیانور از ابتدای قرن نوزدهم شناخته شده بود اما تا اواخر سال ۱۸۹۰ بطور اقتصادی مورد استفاده قرار نگرفته بود. طلا توسط سیانور حل شده و بصورت کمپلکس سیانور طلا در می آید [۴].
فرمولهای متعددی برای انحلال طلا توسط سیانور نوشته شده است:
فرمول جی - بودلندر (۱۸۹۳-۱۸۹۶)





رابطه ال السنر (۱۸۴۶)



رابطه بتل



شکل ۳-۹- نمایی از تانکهای سیانوراسیون [۱].

۳-۳-۲-۱- عوامل موثر در حلالیت:

۳-۳-۲-۱-۱- اثر غلظت سیانور:

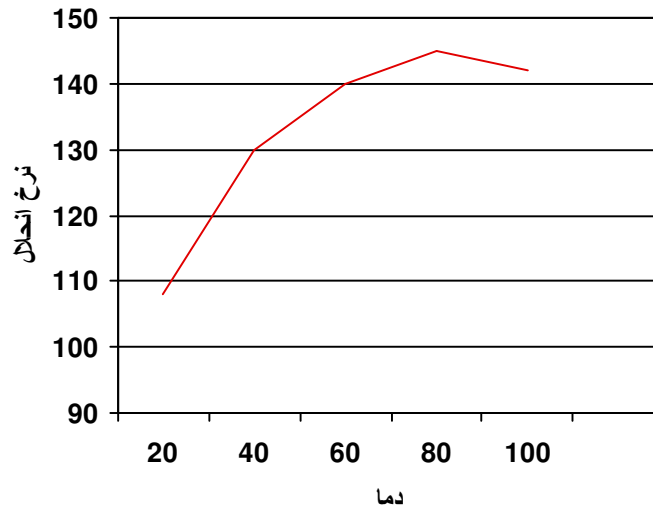
در مقیاس صنعتی غلظت سیانور حدود ۰/۰۵ در صد و یا حدود یک پوند در تن محلول است. محلولهای غلیظ تر باعث تسریع و یا استخراج طلا نشده و از آنجا که اتلاف شیمیایی و مکانیکی محلول قویتر سیانوری بیشتر است بنابراین بهتر است که غلظت سیانور را در حداقل ممکن نگه داشت. ماکزیمم شدت حلالیت طلا در محلولهای سیانور با استفاده از ورق نازک طلای خالص تا غلظت ماکزیمم ۰/۰۵ در صد سیانور سدیم و در $\text{pH}=9$ بدون افزایش قلیاییها معین شده است بنابراین ماکزیمم حلالیت در غلظت ۰/۰۵ درصد سیانور سدیم بدست می آید [۴].

۳-۳-۲-۱-۲-۳-۳ اثر pH محیط:

با توجه به این موضوع که محلول سیانوری در pH پایین گاز سمی اسید سیانیدریک HCN آزاد می‌کند و هر چه pH کاهش پیدا کند مقدار آزاد شدن این گاز شدیدتر خواهد شد بنابراین در صنعت برای جلوگیری از آزاد شدن این گاز pH را تا حدی بالا می‌برند تا آزاد شدن این گاز در حداقل خود باشد این عمل توسط اضافه نمودن قلیاهایی مانند آهک و سود حاصل می‌شود. تاثیر قلیاییت بر روی انحلال طلا بررسی شده است این بررسیها نشان می‌دهد که افزایش pH تا مقدار معینی انحلال طلا را افزایش می‌دهد ولی اگر از حد معینی pH بالاتر رود انحلال کاهش می‌یابد. هر چند در pH های بالاتر مصرف سیانور کمتر می‌شود ولی مصرف آهک افزایش پیدا می‌کند. در صنعت pH محلول سیانوراسیون را بین ۹/۵ تا ۱۱ کنترل می‌کنند [۴].

۳-۳-۲-۱-۲-۳-۳ اثر حرارت محیط :

نرخ انحلال طلا با حرارت دادن محلول سیانوری به دو طریق افزایش می‌باشد اولاً افزایش درجه حرارت باعث افزایش قدرت فعالیت محلول و بنابراین افزایش میزان انحلال می‌شود ثانیاً این عمل موجب کاهش میزان اکسیژن محلول می‌شود زیرا حلالیت گازها با افزایش درجه حرارت کاهش پیدا می‌کند قابلیت انحلال طلا در محلول ۰/۲۵ در صد سیانور پتاسیم بر اساس تابعی از درجه حرارت در شکل ۳-۱۰ ارائه شده است. همانطوریکه مشاهده می‌شود حداکثر نرخ انحلال در حرارت ۸۵ درجه سانتیگراد است [۴].



شکل ۳-۱۰- نرخ انحلال بر حسب دما [۷].

۳-۳-۲-۱-۴- اثر اکسیژن:

اثر اکسیژن در انحلال طلا نمی‌تواند بی‌اهمیت تلقی شود. هر چند عوامل اکسید کننده ای مانند پر اکسید سدیم، پرمنگنات پتاسیم، بروماین و کلرین برای انحلال طلا قابل استفاده می‌باشند اما هوادهی مناسب نتایج بهتری نسبت بهتری نسبت به اکسید کننده های شیمیایی و با صرف هزینه های کمتر را در بر خواهد داشت. مقدار اکسیژن حل شده در محلول رقیق به ۴ عامل ارتفاع (فشار، هوا)، حرارت محلول، نوع و شدت همزدن و قدرت یونی محلول بستگی دارد. در غلظت پایین سیانور، فشار اکسیژن در شدت انحلال اثری ندارد، اما در غلظت های بالا (جایی که شدت انحلال مستقل از غلظت انحلال است)، آهنگ واکنش بستگی به فشار اکسیژن دارد. افزودن مواد اکسید کننده کمک فراوانی به حل شدن طلا در محلول سیانوری دارد زیرا این امر موجب فعال تر شدن یونهای OH منفی و بالعکس عدم فعالیت H مثبت می‌شود. در این حالت مقدار ماده اکسید کننده بستگی به خاصیت احیا مواد معدنی دارد تا اینکه محیط عمل انحلال همواره در حالت اکسیدی باقی بماند از مواردی که می‌تواند در این امر موثر باشد درصد گاز اوزن موجود در منطقه عملیات می‌باشد. همراه با دمیدن هوا به داخل محلول می‌توان از ترکیب های اکسید کننده مانند آب اکسیژنه، اکسید منگنز، اکسید سرب، پرمنگنات پتاسیم، پر کلرات پتاسیم، سولفات سدیم، پراکسید سدیم، برومالین آمونیوم سولفات و غیره نیز استفاده نمود. بیشترین تاثیر مربوط به افزودن سولفات سدیم و پتاسیم و پراکسید سدیم و پتاسیم و سیانید آهن است. همچنین سرعت انحلال با افزایش مقدار ماده اکسید کننده تا حد مناسبی افزایش می‌یابد مواد آلی اکسید کننده، مانند نیتروبنزنتول، نیتروبنزن، نیتروفل و اسید پیکریک نیز باعث تسریع در حلالیت طلا در محلول قلیایی سیانور میشوند [۴].

۳-۳-۲-۱-۵- اثر نور و سطح:

محلول سیانوری در برابر نور فعالتر از حالت تاریکی عمل می‌نماید، علت آن این است که مقدار جذب اکسیژن در روشنایی نسبت به تاریکی بیشتر است همچنین سطح محلول سیانوری نسبت مستقیم در حلالیت آن با مقدار مشخصی از ماده دارد [۴].

۳-۳-۲-۱-۶- اثر اندازه ذرات:

ماده معدنی طلا بصورت خیلی ریزخرد می‌شوند تا ذرات فلزات قیمتی بنحوی آزاد شوند که با سیانور ترکیب شوند. در شرایط ایده آل هوادهی و همزنی پالپ حداکثر نرخ انحلال طلا که محاسبه شده است ۳/۲۵ میلی گرم بر هر سانتی متر مربع در ساعت است. این معادل نفوذ ۱/۶۸ میکرون بر هر طرف یک سطح یک سانتی متر مربع ذره طلا است. یا نفوذ کلی در ضخامت ۳۷ میکرون، ۱۱ ساعت زمان می‌خواهد تا حل شود. ذرات دانه درشت طلا معمولاً بوسیله تغلیظ ثقلی جدا می‌شوند و بندرت با سیانور فروشویی می‌شوند، چون دانه های درشت ممکن است تماماً در زمان سیانوراسیون قابل قبول اقتصادی حل نشوند [۴].

۳-۳-۲-۱-۷- اثر مواد شیمیایی استفاده شده در فلوتاسیون:

مواد معدنی سولفور ه طلا دارا کثرا قبل از سیانوراسیون بوسیله فلوتاسیون تغلیظ می شوند معمولا کلکتورهای نوع تیول (زنتاتها، دایتیو فسفاتها و غیره.) برای فلوتاسیون بکار برده می شوند. اگر محصول فلوتاسیون خوب شسته نشود حضور مقادیر کوچک مواد تیول اثر منفی بر روی عمل سیانوراسیون دارد. تیولها مانند یونهای سولفاید اثر منفی زیادی برای واکنش سیانوراسیون می گذارند تاثیر آنها با غلظت و طول زنجیر افزایش پیدا می کند. اثر منفی تیولها را می توان با افزایش غلظت سیانور کاهش داد [۴].



شکل ۳-۱۱- نمای عمومی از واحد فلوتاسیون [۱].

۳-۳-۲-۲- عوامل مصرف کننده اکسیژن و سیانور:

فرآیند سیانوراسیون در مورد سنگهای معدنی طلا دار معمولی بسادگی انجام می گیرد و مصرف سیانور در حد متعارفی است اما در بعضی حالات سنگ معدنی دارای کانی هایی است که سیانور مورد نیاز فرآیند سیانوراسیون طلا را مصرف می نمایند مخصوصا کانیها و ترکیبات مس و سولفورهای آهن که به این کانی ها سیانور کش یا مصرف کننده های سیانور می گویند و اگر کانیهای مصرف کننده سیانور به مقدار زیادی در کانسنگ موجود باشند و کانسنگ مستقیما سیانوره گردد به علت مصرف بیش از حد سیانور استحصال طلای آن کانسنگ غیر اقتصادی می گردد بنابراین در مورد این گونه سنگهای معدنی عملیاتی قبل از سیانوراسیون انجام شود تا از مصرف بیش از حد سیانور توسط این نوع کانی جلوگیری شود [۴].

۳-۳-۲-۳- روشهای فرآوری با استفاده از سیانوراسیون:

۳-۳-۲-۱- روش فروشویی کپه‌ای:

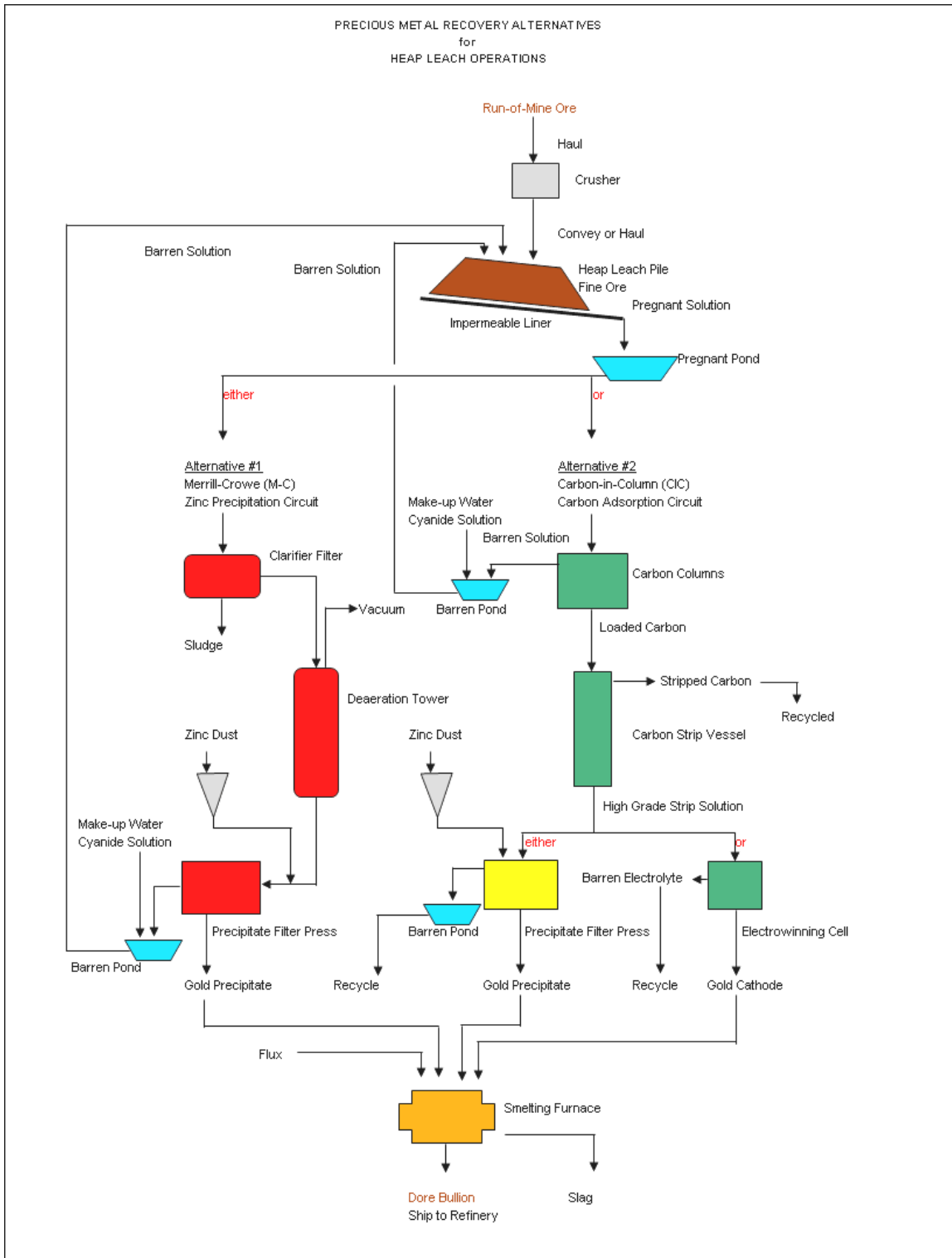
این روش یکی از ساده ترین و ارزان ترین روشهای سیانوراسیون است، اشکال عمده این روش بازیابی پایین طلا از سنگ معدنی است. فروشویی کپه ای در مورد سنگهای معدنی خالص بکار می رود و در همه

کانسنگهای طلا کاربرد ندارد. این روش هنگامی مورد استفاده قرار می‌گیرد که اولاً سنگ معدنی اکسیده باشد یعنی در سنگ به اندازه کافی خلل و فرج برای نفوذ محلول سیانوری وجود داشته باشد ثانیاً عیار ماده معدنی آن اندازه پایین باشد که استفاده از روش معمولی سیانوراسیون (سیانور در مخازن) قابل استفاده نباشد [۴].



شکل ۳-۱۲- عملیات فروشویی کپه ای [۸].

ابتدا محلی را که می‌خواهند در آنجا عملیات فروشویی کپه ای انجام دهند تسطیح کرده شیب بندی و زیرسازی مناسب انجام می‌شود و محل انباشت مواد معدنی، کانالهای ارتباطی و حوضچه‌ها مشخص می‌شود. به منظور جلوگیری از نفوذ محلولهای سیانوری حاوی طلا به زمین سطوحی را که محلول سیانوری جریان دارد بوسیله لایه‌های پلاستیکی ضخیم که بصورت رول هستند و کناره‌های آنها را میتوان بوسیله چسب مخصوصی به هم چسباند تا سطح مذکور کاملاً آب بندی شود. این لایه‌های پلاستیکی به اندازه‌ای مقاومت دارند که ماشین‌آلات معدنی می‌توانند بر روی آن حرکت کنند پس از پوشاندن محل‌های لازم، ماده معدنی از محل استخراج به محل خردایش حمل شده و پس از خردایش تا حد تعیین شده در محل انباشت ماده معدنی با ابعاد طراحی شده ریخته شده و محلول سیانوری با غلظت معینی بر روی آن پاشیده می‌شود محلول سیانوری پس از عبور از ماده معدنی به حوضچه‌ها وارد می‌شود و اگر مقدار طلای موجود در آن به اندازه‌ای باشد که باید عمل بازیابی انجام گیرد محلول را به قسمت مربوطه هدایت می‌کنند و اگر غلظت کم باشد دوباره محلول بر روی دپوها پاشیده می‌شود برای تنظیم pH هم می‌توان لایه‌های مشخصی از آهک را به صورت لایه‌های بر روی ماده معدنی ریخت و هم می‌توان در حوضچه‌های آماده‌سازی مواد شیمیایی pH را تنظیم کرد. برای بازیابی طلا به دو روش می‌توان عمل نمود: اولی بوسیله رسوب توسط پودر روی و دومی به روش استفاده از کربن فعال [۴].



شکل ۳-۱۳- مدار تغلیظ طلا به روش فروشویی کپه ای [۹].

۳-۳-۲-۳-۲-۳-۲ - روش سیانوراسیون مستقیم:

مواد معدنی که طلای آزاد دارند و مقدار بازیابی آنها با روش سیانوراسیون بیشتر از ۸۰٪ باشد را به این طریق فرآوری می‌کنند معمولاً کانسنگ را بین ۶۰-۷۵ درصد زیر ۷۴ میکرون خرد می‌کنند و مستقیماً تحت فرآیند سیانوراسیون قرار می‌دهند. در این روش پس از اینکه ماده معدنی توسط سنگ شکن‌های فکی و مخروطی تا اندازه معینی خرد شد به قسمت آسیای میله‌ای یا گلوله‌ای هدایت و پس از خرد شدن مواد توسط آسیا به هیدروسیکلون‌ها منتقل می‌شود تا مواد معدنی خرد شده با دانه بندی مشخص از سر ریز خارج و ته ریز آن مجدداً به داخل آسیا باز می‌گردد. سپس این مواد به داخل مخزن آماده‌سازی منتقل می‌گردد. در مخزن آماده‌سازی پالپ کاملاً مخلوط می‌شود و غلظت آن تنظیم می‌گردد از تانک آماده‌سازی مذکور پالپ به اولین تانک فروشویی منتقل می‌شود. تانک اول در فرآیند سیانوراسیون اهمیت خاص دارد و در آن لوازم متعددی مانند شیر برای اضافه نمودن سیانور به صورت محلول، شیر اضافه نمودن آهک، پمپ پنوماتیکی برای پمپ کردن پالپ و دستگاه همزن طراحی شده است در داخل تانک‌های دیگر نیز همزن‌های بزرگی برای مخلوط نمودن پالپ و جلوگیری از رسوب مواد تعبیه شده است. در زیر تانکها، شیر هوای فشرده نصب شده است تا هوای فشرده را به داخل آنها هدایت نماید. استفاده از هوای فشرده برای تامین اکسیژن مورد نظر برای سیانوراسیون است قبل از استفاده از کربن فعال در بازیابی طلا به روش سیانوراسیون از پودر روی برای بازیابی استفاده می‌شد ولی پس از استفاده از کربن فعال بیشتر از روشهای¹CIL و²CIP استفاده می‌شود [۴].

۳-۳-۲-۳-۲-۳-۳ - سیانوراسیون مستقیم بدون استفاده از کربن فعال:

پس از انتقال پالپ از مخزن آماده‌سازی به تانک اول و اضافه نمودن سیانور و آهک، عمل فروشویی آغاز می‌شود تعداد تانکها و حجم آنها بسته به طراحی کارخانه و زمان فروشویی متفاوت است بنابراین چندین تانک به صورت سری با هم قرار می‌گیرند. تانکها نسبت به هم اختلاف ارتفاع جزئی دارند بطوریکه تانک اول بالاتر از تانک دوم و تانک دوم از تانک سوم و... پس از اتمام زمان توقف پالپ در تانکها پالپ از تانک آخر سرریز نموده و به یک تیکنر انتقال پیدا می‌کند. در قسمت تیکنر مواد جامد تا حدودی رسوب می‌کند و محلول سیانوری حاوی طلا برای قسمت بازیابی توسط پودر روی ارسال می‌گردد و پالپ غلیظ شده به تیکنرهای دیگر منتقل شده و با اضافه کردن آب حداکثر طلای محلول جدا شده و به تانک اول منتقل می‌شود و پالپ غلیظ توسط فیلتر بصورت کیک درآمده و به قسمت سد باطله ارسال می‌گردد [۴].

¹ Carbon In Leach

² Carbon In Pulp

۳-۳-۲-۴- سیانوراسیون مستقیم با استفاده از کربن فعال :

کربن فعال غالباً به عنوان یک جاذب فیزیکی استفاده می‌شود که می‌تواند گونه‌های عناصر متنوعی را بر روی سطح پر از خلل و فرج خود جای دهد اما فرآیند جذب کمپلکس سیانور طلا (وسایر کمپلکس‌های فلزات مشابه) بیشتر یک فرآیند شیمیایی است (تا یک فرآیند فیزیکی). سیانور طلا در محلول به صورت یک کمپلکس خطی است که در آن اتم طلا در مرکز به دو شاخه سیانور متصل است و در حین جذب با کربن فعال، سومین اتصال شیمیایی صورت می‌گیرد. در این حالت یک الکترون از کربن فعال در اشتراک با اتم طلا قرار می‌گیرد. کمپلکس سیانور طلا دارای بار منفی است، بنابراین یونهای مثبت (کاتیونها) نیز برای خنثی شدن بار کلی ترکیب توسط کربن جذب می‌شوند. هر چه بار منفی کمپلکس زیادتر باشد جذب ترکیب کمپلکس طلا و کاتیون بیشتر است. در عمل یون مثبت غالب، یون کلسیم (Ca^{2+}) که منشأ آن آهک مصرفی در فرآیند است. البته ساختار دقیق ترکیب کمپلکس طلا و کاتیون هنوز مشخص نیست. حضور کلسیم همچنین اثرات دیگری نیز دارد. در ذرات کربن فعال، کلسیم بصورت کربناته اکسیده می‌شود و این امر سبب رسوب کربنات کلسیم در ذرات کربن می‌شود و شرایط حاد تا ۱۰٪ کلسیم در کربنهای استفاده شده در روش CIL دیده شده است. رسوب کربنات کلسیم باعث مسدود یا پر شدن خلل و فرج کربن فعال می‌شود که بالطبع بر روی جذب کمپلکس سیانور طلا بر روی کربن فعال تأثیر می‌گذارد. بنابراین کربن معمولاً به طور مرتب توسط اسید شسته می‌شود تا تمام رسوبات آن حل شوند. شستشو با اسید باعث جدا شدن طلا از کربن فعال نمی‌شود اما یک سری تغییرات شیمیایی صورت می‌پذیرد و کمپلکس سیانور طلا به ترکیب‌های پیچیده تری تبدیل می‌شود. در این حالت مونو سیانور طلا تشکیل می‌شود که یک ترکیب زنجیره‌ای است و در آن تمام اتمهای طلا هنوز به طور شیمیایی به سطح کربن متصل می‌باشند [۴].

۳-۳-۲-۴- روشهای بازیابی طلا:

قبل از استفاده از کربن فعال تنها روش موجود، روش استفاده از پودر روی بود ولی بعد از ابداع روش کربن فعال روش پودر روی بتدریج اهمیت خود را از دست داده است. بتازگی استفاده از رزینها نیز برای بازیابی طلا در بعضی از کشورها شروع شده است [۴].

۳-۳-۲-۴-۱- روش پودر روی:

در این روش پالپ فروشویی شده به تیکنری فرستاده می‌شود در این تیکنر مواد جامد ته نشین شده و سرریز آن به قسمت رسوب طلا وارد می‌شود و ته ریز تیکنر که غلیظ شده به قسمت جدا نمودن مواد جامد می‌رود که در آنجا به وسیله روشهای مختلفی از جمله فیلتر نمودن به وسیله فیلترهای دوار، مواد جامد آبیگری می‌شود کیک حاصل به قسمت باطله انتقال پیدا می‌کند.

روی سرریز تیکنر که به قسمت رسوب طلا منتقل شده است چهارفرآیند برای بازیابی طلا انجام می‌شود [۴]:

۳-۳-۲-۴-۱-۱-فرآیند زلال سازی:

در این فرآیند توسط فیلترها، ذرات ریزی را که در محلول وجود دارد جدا کرده و محلولی کاملاً زلال صاف بدست می‌آید.

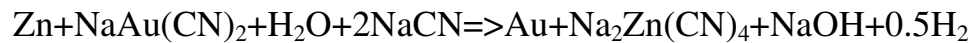
۳-۳-۲-۴-۲-۱-هواگیری:

محلول صاف وزلالی که از قسمت زلال سازی بدست آمده است، در این قسمت در برج مخصوصی تحت فرآیند خلا، قرار می‌گیرد تا اکسیژن حل شده در داخل محلول خارج شود زیرا خروج اکسیژن در رسوب کامل فلزات قیمتی تاثیر زیادی دارد.

۳-۳-۲-۴-۳-۱-اضافه کردن مواد شیمیایی برای رسوب طلا:

محلول از قسمت هواگیری به یک مخزن مخروطی شکل انتقال داده می‌شود. در این مخزن پودر روی و نمکهای سرب مانند نیترات سرب یا استات سرب اضافه می‌شود.

طبق فرمول زیر اضافه نمودن پودر روی سبب رسوب طلا می‌شود:



۳-۳-۲-۴-۳-۲-استحصال طلا:

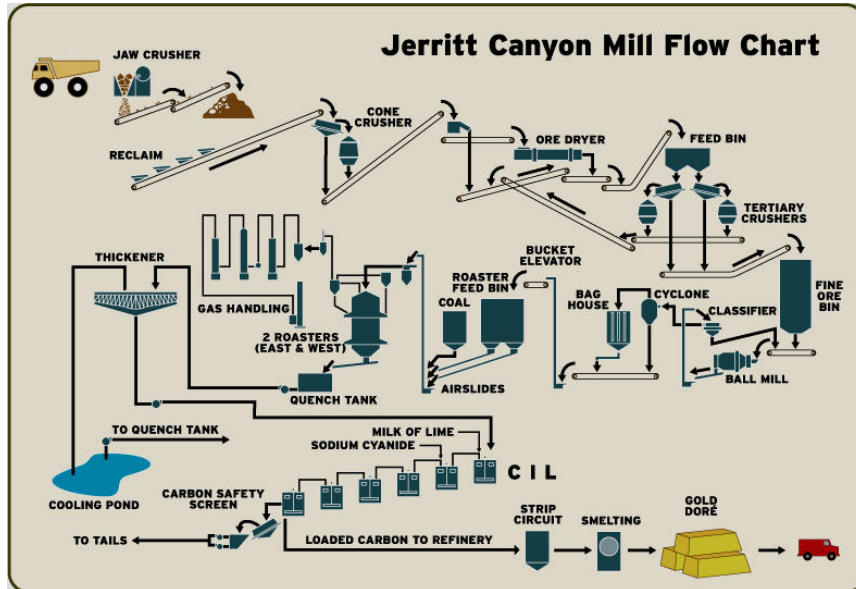
پس از اضافه شدن روی طلا رسوب می‌کند. محلول همراه رسوبات به قسمت فیلتره شدن منتقل می‌شود و محلول فیلتر می‌شود. رسوب حاوی طلا بر روی فیلترها باقی می‌ماند و سپس به قسمت اتاق طلا منتقل می‌شود و محلول فیلتر به تانک اول فروشویی منتقل می‌گردد. در اتاق طلا کیک حاصل پس از خشک شدن با کمک ذوب‌های مناسب مخلوط شده و ذوب می‌گردد و ریخته‌گری شمش طلا انجام می‌شود.

۳-۳-۲-۴-۳-۳-روش استفاده از کربن فعال:

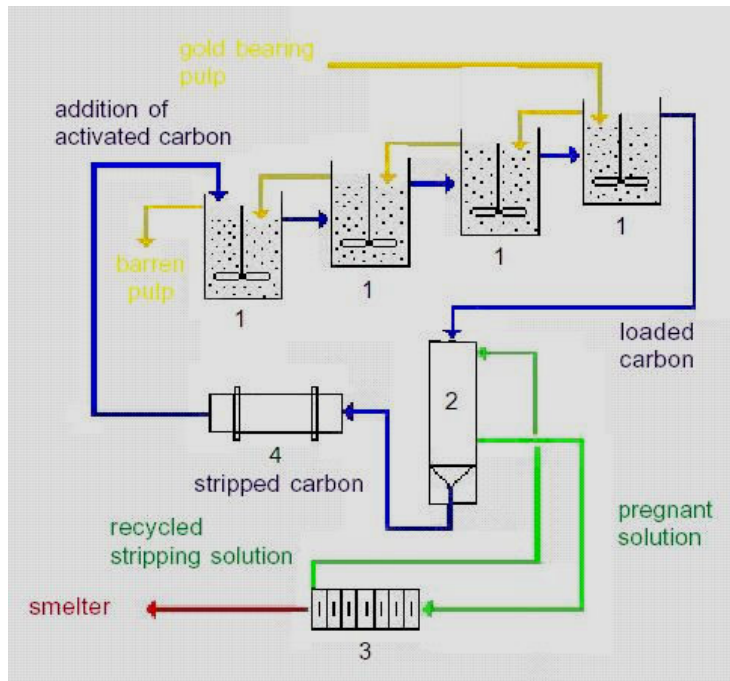
۳-۳-۲-۴-۳-۳-۱-جدا کردن کمپلکس سیانور طلا از کربن فعال:

در این مرحله ابتدا ذرات کربن گرفته شده توسط آب شسته می‌شوند تا ذرات جامد همراه آن کاملاً از بین روند سپس توسط اسید کلریدریک رقیق (با غلظت ۳ تا ۱۰ درصد) کربنهای گرفته شده شسته می‌شوند تا کربنات کلسیم راسب شده در سطح کربن فعال جدا شود. سپس این کربن را به ستون جدایش انتقال می‌دهند. محلولی با غلظت ۱٪ سود و ۱٪ سیانور سدیم تهیه می‌شود این محلول در داخل یک بویلر بین ۱۱۰ تا ۱۲۰ درجه سانتیگراد حرارت می‌بیند و سپس از زیر به داخل ستون جدایش که پر از کربن فعال باردار است تزریق می‌شود. اگر چه کمپلکس سیانور طلا شدیداً توسط کربن فعال جذب شده است ولی هر واکنش جذب یک پدیده تعادلی است و می‌تواند به حالت اول باز گردد که در فرآیند جدایش طلا

از کربن این عمل توسط افزایش درجه حرارت محلول انجام می‌گیرد. در اثر این فرآیند کمپلکس سیانور طلائی جذب شده توسط کربن فعال به داخل محلول می‌آید این محلول به قسمت خنک کننده ای انتقال یافته و پس از خنک شدن به قسمت بعدی منتقل می‌شود [۴].



شکل ۳-۱۴- مدار بازیابی طلا با استفاده از بازیابی توسط کربن فعال [۱۰].



شکل ۳-۱۵- مدار بازیابی طلا با استفاده از بازیابی توسط کربن فعال [۱۱].

۳-۳-۲-۴-۲- جداسازی طلا از محلول باردار:

محلول حاصل از قسمت جدا سازی، پس از سرد شدن به قسمت الکترولیز انتقال می‌یابد. جنس قسمت الکترولیز PVC است و در داخل آن چند تا کاتد از جنس پشم فولادی شبیه سیم ظرفشویی و چند قطب آند از جنس فولاد مخصوص قرار دارند جریان مستقیمی با اختلاف پتانسیل ۴-۶ ولت ولی با شدت جریانی در حدود ۱۸-۲۰ آمپر به آند و کاتد وصل می‌شود. محلول حاوی کمپلکس سیانوری طلا به قسمت الکترولیز وارد می‌شود و در اثر فرآیند الکترولیز طلا جذب قطب کاتد می‌شود. این فرآیند یک مسیر بسته است و تا زمانی ادامه می‌یابد که تقریباً تمام طلای موجود در محلول از آن جدا شود. با آنالیز محلول موجود در مدار مقدار طلای همراه با محلول مشخص می‌شود. با انجام تعدادی آزمایش، زمان مناسب برای جدایش طلا و الکترولیز آن بدست می‌آید و اکثراً این زمان برای جدایش طلا بکار می‌رود. پس از آنکه تقریباً تمام طلا در محلول توسط کاتد جذب شده فرآیند بازیابی طلا از محلول خاتمه می‌یابد. پس از چندین بار استفاده از محلول برای جدایش طلا، این محلول برای بازیابی طلای آن به تانک اول سیانوری منتقل می‌شود و محلول جدیدی برای قسمت جدایش طلا ساخته می‌شود. کربن فعال بی‌بار (که طلای خود را از دست داده است) شسته شده و به قسمت فعال سازی منتقل می‌شود. در قسمت فعال سازی، ذرات کربن درون کوره و بدون حضور هوا حرارت می‌بیند و مجدداً فعال می‌شود و خاصیت جذب بودن خود را دوباره بدست می‌آورد و می‌تواند بار دیگر در مدار جذب کمپلکس سیانور طلا (به روش CIP و CIL) مورد استفاده قرار گیرد. در اتاق طلا صفحات کاتد که طلا بر روی آن قرار گرفته است را از داخل مخزن الکترولیز جدا می‌نمایند و در ظرف فولادی قرار داده و در داخل یک کوره کوچک الکتریکی به مدت ۲۴ ساعت تا ۷۰۰ درجه سانتیگراد حرارت می‌دهند. در اثر حرارت پشم‌های فولادی اکسیده می‌شود (پشم‌های فولادی همان کاتد است) کاتدهای اکسید شده را از ظرف‌ها جمع‌آوری می‌نمایند و سپس با اضافه نمودن کمک ذوب‌های مناسبی ذوب می‌کنند در اثر ذوب قلیایی و واکنش‌های در حین ذوب اکسیدهای آهن به ترکیب‌های دیگر آهن تبدیل می‌شوند. محصول ذوب از داخل بوته به درون قالب سرریز می‌شود و پس از سرد شدن قالب، سرباره متصل به شمش طلا توسط ضربه چکش جدا می‌شود [۴].

۳-۳-۲-۵- روشهای فرآوری کانسنگهای مقاوم طلا:

اگر بازیابی طلا کمتر از ۸۰٪ (و در بعضی منابع کمتر از ۹٪) باشد به این کانسنگ مقاوم گفته می‌شود. این کانسنگها به طور مستقیم تحت فرآیند سیانوراسیون قرار نمی‌گیرند بلکه ابتدا باید توسط فرآیندهایی برای سیانوراسیون آماده شوند. مقاوم بودن کانسنگهای طلا را می‌توان بوسیله طبیعت فیزیکی و شیمیایی آنها مشخص کرد. مقاوم بودن شیمیایی کانسنگ نسبتاً کمتر اتفاق می‌افتد و مهمترین

علت مقاوم بودن کانسنگ های طلا در طبیعت فیزیکی آنهاست و بوسیله کانی شناسی میکروسکوپی مشخص می شود [۴].

مهمترین دلایلی که می تواند منجر به مقاوم شدن کانسنگ طلا شود عبارتند از [۴]:

- ۱- طلا در ابعاد بسیار ریز و در حد چند میکرون در داخل کانیهای سولفیدی وجود دارد.
- ۲- وجود مواد آلی ورسی در کانسنگ که با جذب طلا در مراحل سیانوراسیون باعث باقی ماندن طلا در جامد می شوند (که به این مواد آلی اصطلاحاً رباينده طلا می گویند).
- ۳- وجود کانی های سولفیدی یا مواد مصرف کننده سیانور یا اکسیژن که در این حالت مصرف زیاد سیانور و کمی بازیابی از عوامل منفی فرآیند هستند.

کانیهایبی که در یک یا دو حالت مزبور عامل مقاومت طلا می شوند شامل:

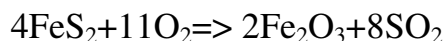
پیروتیت، آرسنوپیریت، کالکوپیریت و گرافیت می باشند که از این میان آرسنو پیریت و مواد کربن دار حائز اهمیت بیشتری می باشند.

تحقیقات نشان داده است که اگر کانسنگی شامل هر نوع کانی پیریت و آرسنوپیریت باشد در وحله اول معمولاً طلا در ارتباط با آرسنو پیریت است و حدود ۴۰ برابر پیریت طلا دارد.

۳-۳-۲-۵-۱- تشویه (اکسیداسیون حرارتی):

تشویه معمولترین روش مورد استفاده در فرآوری کانسنگهای مقاوم قبل از سیانوراسیون است. قدمت روش تشویه به قدمت خود روش سیانوراسیون است. روش تشویه برای اولین بار در سال ۱۸۸۹ در نیوزلند و سپس در سال ۱۸۹۰ در آفریقای جنوبی بکار برده شد. در این روش کانسنگ طلا حدود ۴۵۰ تا ۷۵۰ درجه سانتیگراد حرارت داده می شود تا کانسنگ مقاوم اکسیده شود و مواد فرار نظیر آرسنیک، گوگرد و غیره جدا شوند. جامد باقیمانده را (تکلیس شده) می نامند [۴].

بر اساس میزان هوای موجود و درجه حرارت واکنشهای مورد نظر تشویه برای کانیهای پیروتیت و آرسنوپیریت مناسب است.



کنترل شرایط فرآیند تشویه ضروری است تا مواد تکلیس شده مطلوبی برای بازیابی طلا تولید شود.

پس از جنگ جهانی دوم تشویه کننده هایی با بستر روان جایگزین تشویه کننده های تک یا چند اجاقی شدند. مسئله جمع آوری اکسید سولفور و اکسید آرسنیک از بدو استفاده از این روش به علت مشکلات زیست محیطی مطرح بوده است. اگر چه در تشویه کننده های مورد استفاده از هوا وبستر روان استفاده می شود ولی استفاده از تشویه کننده های سریع به عنوان یک روش تشویه سریع در گذشته برای تکلیس سیمان، فسفات و آهک استفاده می شده است. در این روش هوای داغ از قسمت پایین تشویه کننده واز

طریق یک گلوگاه وارد می شود. مواد خام مستقیماً به داخل جریان های داغ پاشیده می شوند. ذرات کوچک فوراً تشویه می شوند اما ذرات درشت از طریق گلوگاه به قسمت پایین جایی که جریان ممتد گازهای گرم وجود دارد وارد می شوند. این وسیله نقش یک راکتور مخلوط کننده را برای ذرات درشت و یک راکتور (Pug-Flow) را برای ذرات دانه ریز بازی می کند [۴].

کوره های مختلفی برای عملیات تشویه بکار می رود [۴]:

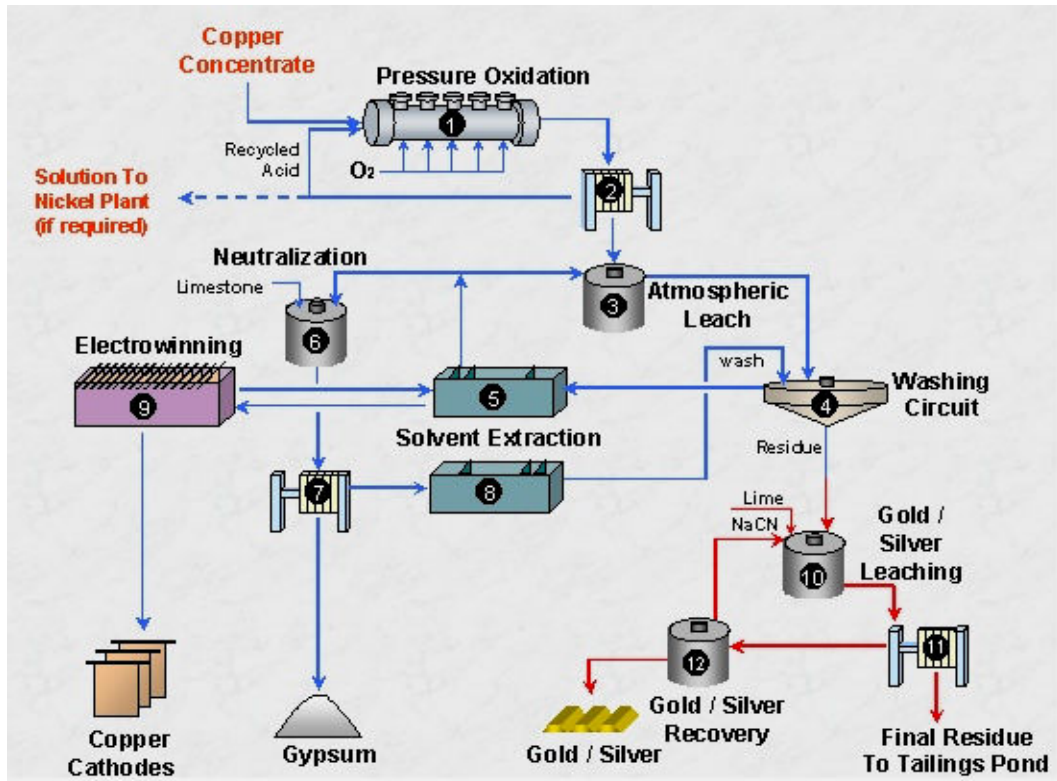
- | | | |
|-------------|------------|--|
| edwards | مانند کوره | ۱- کوره افقی (Muti-spindle Furnace) |
| hofman | مانند کوره | ۲- کوره دوار (Revolving cylindrical Furnace) |
| wedge | مانند کوره | ۳- کوره عمودی (Vertical Furnace) |
| Dorr-oliver | مانند کوره | ۴- کوره بستر سیال (Fluidized bed Furnace) |

روش تشویه به سرمایه گذاری بالای احتیاج دارد ولی بازیابی طلا با آن بسیار بالاست و از روشهای دیگر عملی تر است.

۳-۳-۲-۵-۲-اکسیداسیون تحت فشار:

این روش برای اکسید کردن کانیهای سولفیدی و تبدیل آنها به ترکیب های محلول در سیانور بکار می رود. در این روش سولفور حل می شود و آرسنیک به صورت نامحلول در می آید فرآیند در محیط اسیدی ($Ph=1.8-1.9$) و در دمای ۱۵۰-۲۰۰ درجه سانتیگراد و تحت فشار ۲۲۰۰ کیلو پاسکال و در حضور اکسیژن انجام می شود. جنس اتوکلاو باید از جنس تیتانیوم و فولاد کربن دار ضد اسید باشد تا در مقابل اسید، فشار و دمای بالا مقاومت کند. پس از پایان فرایند مواد اکسیده در تیکنر با آب شسته می شود و پس از اضافه کردن آهک ($pH=10.5$) پالپ برای سیانوراسیون آماده می شود.

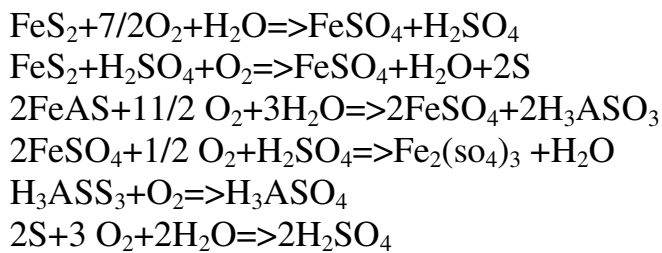
لازم به ذکر است که پس از انجام فرآیند اکسیداسیون تحت فشار، فرآیند سیانوراسیون زمان کمتری نیاز دارد بازیابی در این روش بالا (تا ۹۸٪) است ولی میزان سرمایه گذاری برای این روش نیز زیاد می باشد و فرآیندی نسبتاً پیچیده است به همین علت استفاده از این روش هنوز گسترش زیادی نیافته است.



شکل ۳-۱۶- مدار بازیابی طلا به روش اکسیداسیون تحت فشار [۱۲].

۳-۳-۲-۳-۵-۳- اکسیداسیون بیولوژیکی:

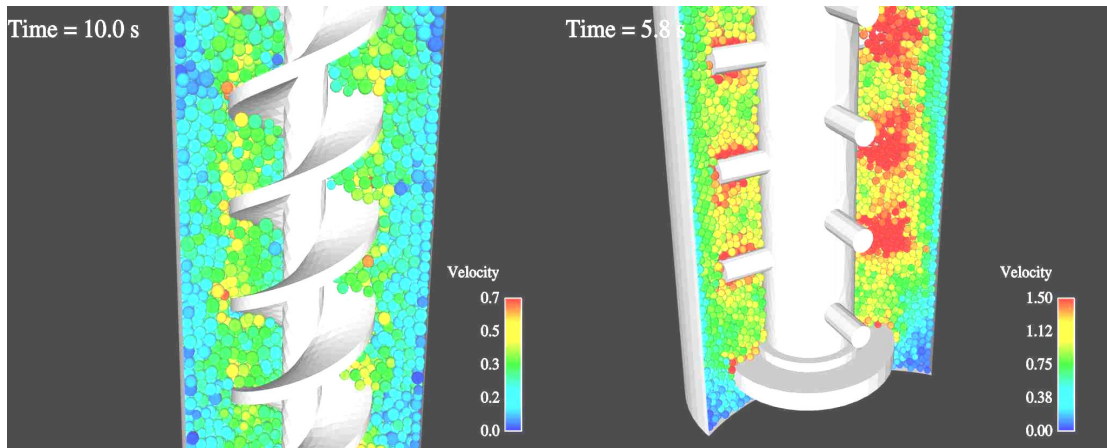
در این روش کانی‌های سولفوری میزبان طلا، مانند پیریت و آرسنوپیریت بوسیله باکتریهای خاصی تجزیه شده و اکسیده می‌شوند. برای اولین بار در سال ۱۹۴۷ میکروارگانیزم اصلی نیو باسیلوس شناسایی و معرفی گردید. نقش میکروارگانیزم‌ها در فروروشی کانیها توسط محققین زیادی تشریح شده است. این میکروارگانیزم‌ها کمولیتوتروف و یا هتروتروف هستند و به گروهها مزوفیلیک و گرمادوست میکروارگانیزم‌ها تعلق دارند. این میکروارگانیزم‌ها قادرند با مکانیزم احیا، سولفور را به اسید سولفوریک و سولفات فلزی تبدیل کنند. فرمولهای زیر درباره عمل میکروارگانیزم‌ها بر روی پیریت و آرسنوپیریت ارائه گردیده است [۴]:



این میکرو ارگانسیم ها در درجه حرارت بین ۵ تا ۳۵ درجه سانتیگراد می توانند فعالیت داشته باشند. هزینه سرمایه گذاری در این روش کم است ولی محیط کاملا باید کنترل شده باشد. بازیابی طلا در این روش نیز می تواند تا ۹۵٪ و بیشتر برسد.

۳-۳-۲-۴-۵- خردایش زیاد:

یکی دیگر از روشهایی که برای فرآوری کانسنگهای مقاوم استفاده می شود روش خردایش زیاد است. همچنانکه قبلا اشاره شد امکان دارد طلا بصورت خیلی ریز در حد میکرون در بین کانی های میزبان یا بین دانه ای باشد. این کانسنگ در سیانوراسیون مستقیم بازیابی خیلی کمی را نشان میدهد ولی اگر کانسنگ به ابعاد خیلی ریز تا حد چند میکرون خرد شود بازیابی طلا بالا می رود. برای این کار ابتدا کانسنگ تحت فرآیند فلوتاسیون قرار می گیرد و سپس کنستانتره بدست آمده مجددا تا حد زیادی خرد می شود. خردایش زیاد اکثرا توسط آسیاهای عمودی و بصورت خشک انجام می شود. از مزیت‌های این روش سرمایه گذاری کم آن است بحدی که گاهی به یک دهم سرمایه گذاری روشهای دیگر است. بازیابی طلا در این روش تا ۹۵٪ نیز می رسد. در بعضی معادن به علت هزینه های زیاد تشویه از این روش استفاده می شود [۴].



شکل ۳-۱۷- خردایش در ابعاد ریز [۱۳].

فصل چهارم

آزمایش‌های انحلال

۴- آماده سازی نمونه و آزمایش‌های انحلال

۴-۱- شناسایی نمونه

۴-۱-۱- مقدمه

به منظور انجام مطالعات فرآوری، ضروری است که ماهیت نمونه ماده معدنی مورد شناسایی قرار گیرد. به این منظور باید از مقدار ماده با ارزش و همچنین فازهای کانی سازی موجود در نمونه ماده معدنی اطلاع دقیق حاصل نمود. به طور کلی برای اطلاع از موارد فوق معمولاً در آغاز پروژه فرآوری انجام آزمایش‌های شناسایی و عیارسنجی به روش شیمیایی و آنالیزهای XRF و XRD در دستور کار قرار می‌گیرد، که در این بخش به آنها پرداخته شده است.

۴-۱-۲- شناسایی و عیارسنجی به روشهای شیمیایی، XRF و XRD

پس از نمونه‌برداری از کانسار، نمونه توسط سنگ‌شکن‌های مراحل اول (فکی بزرگ)، دوم (فکی کوچک)، مخروطی و غلطکی به ابعاد حدود ریزتر از ۳ میلی‌متر رسانده شد. سپس نمونه‌ها با استفاده از ریفل تقسیم شده و نمونه‌های حدود ۲ کیلوگرمی تهیه شد. یکی از نمونه‌های ۲ کیلو گرمی به صورت تصادفی برداشته شد و سه نمونه معرف از آن تهیه شده و بر روی آنها آنالیزهای شیمیایی، XRF و XRD انجام شد. نوع دستگاه در آنالیز XRF و $S4$ که ساخت شرکت بروکر (*Bruker*) می‌باشد. توان لامپ دستگاه یک کیلووات و جدایش بر مبنای طول موج صورت می‌پذیرد. همچنین در آنالیز XRD ترکیب کانی‌های مختلف بر اساس اندازه‌گیری تغییر زوایای پرتو نوری که بر سطح بلورهای کانی موجود در نمونه مورد نظر تابیده شد، شناسایی شد. نوع دستگاه مورد استفاده $D4$ و ساخت شرکت بروکر می‌باشد. نتایج حاصل از سه روش در جداول ۱ تا ۳ آورده شده است.

جدول ۴-۱- آنالیز شیمیایی برخی عناصر نمونه معرف کانسنگ طلای لاطلا.

ترکیب شیمیایی	عیار
As	۶۱۵/۷ ppm
As	۴۷۰/۹ ppm
Cu	۰/۳٪
Pb	۰/۹٪
Zn	۰/۴٪
Ag	۱۶۰ ppm
Au	۲/۶ Ppm
Au	۲/۴ Ppm

آرسنیک و طلا دو بار اندازه‌گیری شده است که دارای عیارهای متفاوتی می‌باشد. این امر بدلیل خطای انسانی و دستگاهی آزمایشگاه می‌باشد. عیار میانگین آرسنیک و طلا بترتیب ۵۴۳/۳ و ۲/۵ پی پی ام می‌باشد.

جدول ۴-۲- آنالیز XRF نمونه معرف کانسنگ طلای لاطلا.

عیار %	ترکیب	عیار %	ترکیب
۶۷/۹۱	SiO_2	۰/۳۶	CuO
۸/۳۴	Al_2O_3	۰/۲۵	TiO_2
۱۳/۰۶	Fe_2O_3	۰/۵۶	MnO
۰/۱۱	P_2O_5	۰/۴۳	ZnO
۰/۴۴	CaO	۰/۱۷	BaO
۰/۸۶	SO_3	۰/۹	PbO
۱/۹۰	K_2O	۴/۲۰	$L.O.I$
۰/۳۶	MgO	۹۹/۸۵	$Total$

جدول ۴-۳- نتایج حاصل از آزمایشهای XRD.

XRD- Results
Quartz+Goethite

لازم به تذکر است که در شناسایی کانی‌های تشکیل‌دهنده توسط دستگاه XRD، کانی‌هایی که مقدار آنها کمتر از ۵ درصد باشد قابل شناسایی توسط این دستگاه نمی‌باشد.

۴-۲- آماده‌سازی

در آزمایش‌های کانه‌آرایی و فرآوری مواد معدنی، بخش آماده‌سازی نمونه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. زیرا آماده‌سازی صحیح و دقیق، دقت آزمایش‌ها را بالا و در نتیجه آزمایش‌ها با کمترین خطا گزارش خواهد شد. یکی از بخش‌های آماده‌سازی نمونه، خردایش و تقسیم نمونه هاست. نمونه پس از نمونه برداری از منطقه به بخش کانه‌آرایی سازمان آورده شد. سپس تمام نمونه از سنگ شکنهای فکی بزرگ، کوچک و غلطکی عبور داده شد تا به زیر ۷ مش برسد. نمونه خرد شده به روش مخروطی به دو قسمت شده، یک بخش آن به بایگانی سپرده شده و بخش دیگر آن توسط تقسیم‌کننده شانه‌ای به نمونه‌های حدود ۳ کیلو گرمی تقسیم شد.

۴-۲-۱- دانه بندی نمونه اولیه

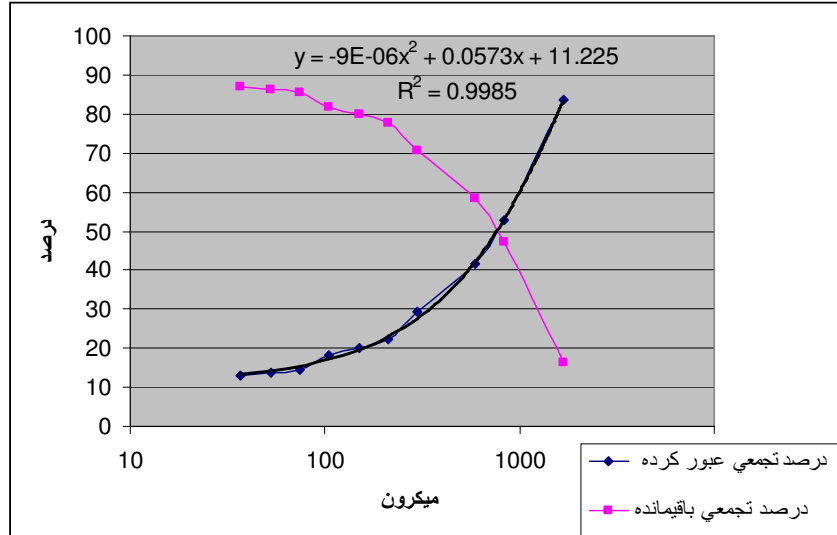
یکی از مهمترین مراحل در آماده سازی نمونه ها، تجزیه سرندي است. با تجزیه سرندي نحوه خردایش، نحوه توزیع دانه ها و درصد وزنی در هر بخش مشخص شده و با داشتن عیار طلا می‌توان به نحوه توزیع طلا در بخش‌های مختلف پی برد. سرندهای انتخابی جهت انجام تجزیه سرندي ۱۲، ۲۰، ۳۰، ۵۰، ۷۰، ۱۰۰، ۱۴۰، ۲۰۰، ۲۷۰ و ۴۰۰ مش بودند. همچنین جهت افزایش دقت کار در تجزیه سرندي، روش تر پیشنهاد شد. در جدول ۴ نتایج مربوط به تجزیه سرندي و نحوه توزیع طلا در فراکسیون‌های مختلف ارائه شده است.

جدول ۴-۴- نتایج مربوط به تجزیه سرندي و نحوه توزیع طلا و دیگر فلزات در فراکسیون‌های مختلف

عیار (%)			طلا (پی پی ام)		درصد تجمعی باقیمانده	درصد تجمعی عبور کرده	درصد وزنی	وزن (گرم)	میکرون	مش
Zn	Pb	Cu	توزیع	عیار						
۰/۴	۰/۶۳	۰/۲۴	۹/۵۵	۱/۴۷	۱۶/۴۳	۸۳/۵۷	۱۶/۴۳	۹۷۵	+۱۶۸۰	-۷+۱۲
۰/۳۹	۰/۷۲	۰/۳	۲۰/۲۳	۱/۶۶	۴۷/۲۷	۵۲/۷۳	۳۰/۸۴	۱۸۳۰	-۱۶۸۰+۸۴۰	-۱۲+۲۰
۰/۴	۰/۹۱	۰/۳	۱۵/۷۹	۳/۶۳	۵۸/۲۸	۴۱/۷۲	۱۱/۰۱	۶۵۳	-۸۴۰+۵۹۰	-۲۰+۳۰
۰/۴۱	۱/۰۱	۰/۳۲	۸/۷۲	۱/۷۹	۷۰/۶	۲۹/۴	۱۲/۳۲	۷۳۱	-۵۹۰+۲۹۷	-۳۰+۵۰
۰/۳۷	۱/۰۴	۰/۳۱	۸/۰۴	۲/۸۳	۷۷/۸	۲۲/۲	۷/۲۰	۴۲۷	-۲۹۷+۲۱۰	-۵۰+۷۰
۰/۴۱	۱/۲۹	۰/۳۶	۱/۶۹	۱/۹۷	۷۹/۹۸	۲۰/۰۲	۲/۱۸	۱۳۰	-۲۱۰+۱۴۹	-۷۰+۱۰۰
۰/۴	۱/۵	۰/۳۷	۲/۳۵	۳/۱۶	۸۱/۸۶	۱۸/۱۴	۱/۸۸	۱۱۲	-۱۴۹+۱۰۵	-۱۰۰+۱۴۰
۰/۳۹	۱/۳۷	۰/۳۷	۴/۹۸	۳/۶۳	۸۵/۳۳	۱۴/۶۷	۳/۴۷	۲۰۶	-۱۰۵+۷۴	-۱۴۰+۲۰۰
۰/۴۱	۱/۳۷	۰/۳۶	۱/۶۱	۴/۱۱	۸۶/۳۲	۱۳/۶۸	۰/۹۹	۵۷	-۷۴+۵۳	-۲۰۰+۲۷۰
۰/۳۸	۱/۰۵	۰/۳۴	۱/۲۲	۴/۰۳	۸۷/۰۹	۱۲/۹۱	۰/۷۷	۴۶	-۵۳+۳۷	-۲۷۰+۴۰۰
۰/۴۴	۱/۲۵	۰/۴۱	۲۵/۸۲	۵/۰۶	۱۰۰	۰	۱۲/۹۱	۷۶۵/۷	-۳۷	-۴۰۰
۰/۴	۰/۹۱	۰/۳۱	۱۰۰	۲/۵۳	----	----	۱۰۰	۵۹۳۲/۷	----	کل

- ۱- میانگین عیار طلا در نمونه اولیه ۲/۵۳ پی پی ام محاسبه شده که با نتایج نمونه اولیه همخوانی دارد.
- ۲- میانگین عیار Cu، Pb و Zn در نمونه اولیه بترتیب ۰/۳۱، ۰/۹۱ و ۰/۴ درصد می باشد.
- ۳- میانگین عیار As و Ag در نمونه اولیه ۴۴۲/۴ و ۱۴۳/۵ پی پی ام محاسبه شده که با نتایج نمونه اولیه همخوانی دارد.
- ۴- تقریباً با کاهش ابعاد ذرات مقدار طلا افزایش می‌یابد بطوریکه در فراکسیون اولی (۱۶۸۰+ میکرون) در حدود ۱/۵ پی پی ام و در فراکسیون نهایی (۳۷- میکرون) به عدد ۵ پی پی ام رسیده است.

- نمودار دانه بندی همراه با فرمول در شکل ۱ ارائه شده است. d_{80} با توجه به فرمول بدست آمده معادل $۱۶۰۴/۷$ میکرون بدست آمد.



شکل ۴-۱- نمودار دانه بندی همراه با فرمول فیت شده

۴-۲-۲- محاسبه زمان بهینه خردایش

۸ نمونه یک کیلوگرمی به همراه یک لیتر آب با استفاده از آسیای گلوله‌ای به روش تر در زمانهای مختلف مورد خردایش قرار گرفت. سرند کنترل در این آزمایش ۲۰۰ مش (۷۵ میکرون) می باشد. درصد وزنی مواد درشت تر و ریزتر از ۲۰۰ مش در جدول ۵ زیر ارائه شده است.

جدول ۴-۵- درصد وزنی مواد درشت تر و ریزتر از ۲۰۰ مش در زمان های مختلف خردایش

ردیف	زمان خردایش (دقیقه)	+۲۰۰ مش (درصد وزنی)	-۲۰۰ مش (درصد وزنی)
۱	۲۵	۳۴	۶۶
۲	۳۰	۳۰	۷۰
۳	۳۵	۲۵	۷۵
۴	۴۰	۲۰	۸۰
۵	۴۵	۱۷	۸۳
۶	۵۰	۱۶	۸۴
۷	۵۵	۱۲	۸۸
۸	۶۰	۷/۵	۹۲/۵

نتیجه‌گیری

۱- با افزایش زمان آسیا از ۲۵ دقیقه تا ۶۰ دقیقه، درصد مواد عبوری از سرند کنترلی بیشتر می‌شود تا در ۵۵ دقیقه ۸۸ درصد مواد و در ۶۰ دقیقه ۹۲/۵ درصد مواد از سرند ۲۰۰ مش (۷۵ میکرون) عبور می‌کند.

۲- با توجه به مقالات و پروژه‌های کار شده باید ۸۰-۹۰ درصد مواد از سرند کنترلی (۲۰۰ مش) عبور کند، لذا آزمایش‌های اولیه و آزمایش‌های بهینه‌سازی زمان خردایش از ۴۵ دقیقه تا ۶۰ دقیقه استفاده شده است.

۳-۴- آزمایش‌های انحلال

۴-۳-۱- آزمایش‌های اولیه سیانوراسیون طلا (تغییرات دانه بندی):

هدف از آزمایش: چهار آزمایش با دانه‌بندی متفاوت و ثابت ماندن بقیه پارامترها جهت بدست آوردن دانه‌بندی مناسب بشرح ذیل انجام گرفت.

شرایط آزمایش:

- وزن: ۱ کیلوگرم

- آب: ۱/۵ لیتر

- درصد جامد: ۴۰ درصد

- آهک: ۱/۳ گرم

- سیانور: ۳ گرم

- زمان: ۲۴ ساعت

۴-۳-۱-۱- آزمایش اول

- زمان خردایش: ۴۵ دقیقه

جدول ۴-۶- نتایج آزمایش اول جهت بهینه سازی زمان خردایش (نتایج آزمایشگاه شیمی مرکز تهران)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)			
عیار (gr/t)						
۱/۵۳	۳۷/۸۳	۶۱/۳۴	۱/۱۹	۰/۰۰۱۱۹	۰/۰۰۰۷۸	۱۵۳۰
۰/۴۱		۱۶/۴۹	۰/۳۲	۰/۰۰۰۳۲	۰/۰۰۰۰۸۰	۴۰۴۰
۰/۵۵	۲۲/۱۷	۰/۴۳	۰/۰۰۰۴۳	۰/۰۰۰۴۳	۹۹۰/۵	جامد (باطله)
۲/۴۹	۱۰۰	۱/۹۴	۰/۰۰۱۹۴	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۰۳۷۵٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۶۲۵٪)

۴-۳-۱-۲- آزمایش دوم

- زمان خردایش: ۵۰ دقیقه

جدول ۴-۷- نتایج آزمایش دوم جهت بهینه سازی زمان خردایش (نتایج آزمایشگاه شیمی مرکز تهران)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۱/۴۷	۸۵/۴	۵۸/۷۶	۱/۶۱	۰/۰۰۱۶۱	۰/۰۰۱۳۸	۱۱۷۰	محلول اول
۰/۶۷		۲۶/۶۴	۰/۷۳	۰/۰۰۰۷۳	۰/۰۰۰۱۷	۴۳۱۰	محلول دوم
۰/۳۶	۱۴/۶۰		۰/۴	۰/۰۰۰۳۹۷	۰/۰۰۰۴	۹۹۱/۸	جامد (باطله)
۲/۵	۱۰۰		۲/۷۴	۰/۰۰۲۷۳۷	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۰۳۴۰٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۶۶۰٪)

۴-۳-۱-۳- آزمایش سوم

- زمان خردایش: ۵۵ دقیقه

جدول ۴-۸- نتایج آزمایش سوم جهت بهینه سازی زمان خردایش (نتایج آزمایشگاه شیمی مرکز تهران)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۱/۶۲	۸۱/۶	۶۴/۷۸	۱/۶	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۱	۱۶۰۰	محلول اول
۰/۵۴		۲۱/۴۶	۰/۵۳	۰/۰۰۰۵۳	۰/۰۰۰۱۴	۳۷۵۰	محلول دوم
۰/۳۴	۱۳/۷۶		۰/۳۴	۰/۰۰۰۳۴	۰/۰۰۰۳۵	۹۸۲/۷	جامد (باطله)
۲/۵	۱۰۰		۲/۴۷	۰/۰۰۲۴۷	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۰۳۱۵٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۶۸۵٪)

۴-۳-۱-۴- آزمایش چهارم

- زمان خردایش: ۶۰ دقیقه

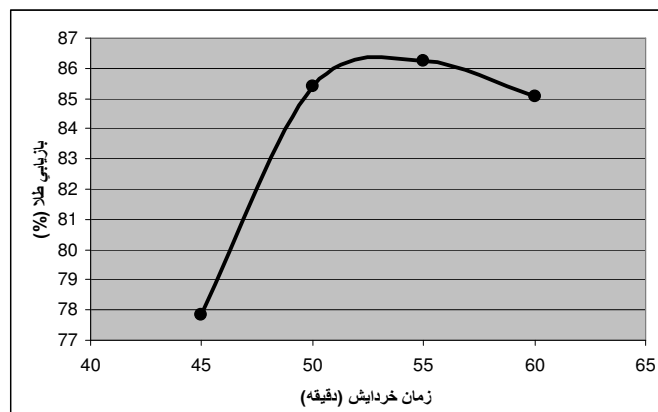
جدول ۴-۹- نتایج آزمایش چهارم جهت بهینه سازی زمان خردایش (نتایج آزمایشگاه شیمی مرکز تهران)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)			
عیار (gr/t)				بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)
۱/۹۴	۷۷/۶۱	۱/۵۶	۰/۰۰۱۵۶	۰/۰۰۰۹۶	۱۶۳۰	محلول اول
۰/۱۹	۷/۴۷	۰/۱۵	۰/۰۰۰۱۵	۰/۰۰۰۰۴	۳۸۰۰	محلول دوم
۰/۳۷	۱۴/۹۲	۰/۳۰	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۳۱۵	۹۶۶/۹	جامد (باطله)
۲/۵	۱۰۰	۲/۰۱	۰/۰۰۲۰۱	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۰۲۷۵٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۷۲۵٪)

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست آمده، زمان ۵۵ دقیقه خردایش دارای بالاترین بازیابی با ۸۶/۲۴٪ بوده است. لذا در آزمایش‌های بعدی از زمان ۵۵ دقیقه جهت خردایش نمونه استفاده شد. همچنین نتایج بازیابی بر حسب زمان خردایش در نمودار شکل ۴-۲ ارائه شده است. از زمان ۴۵ دقیقه تا زمان ۵۵ دقیقه (خردایش) بازیابی طلا به دلیل آزادسازی بیشتر ذرات به طور محسوسی افزایش یافته و در ۵۵ دقیقه به حداکثر مقدار خود رسیده است ولی با افزایش زمان خردایش از ۵۵ دقیقه به ۶۰ دقیقه، بازیابی مقدار کمی افت پیدا کرده است.



شکل ۴-۲- بازیابی طلا بر حسب زمان خردایش

۴-۳-۲- آزمایش‌های تکراری جهت بهینه‌سازی دانه بندی با شرایط آزمایش متفاوت

هدف از آزمایش: بررسی دقیق تاثیر دانه‌بندی بر روی بازیابی طلا

شرایط آزمایش:

- سیانور: ۶ گرم

- زمان: ۲۴ ساعت

- وزن: ۱ کیلوگرم

- آب: ۲ لیتر

- درصد جامد: ۳۳ درصد

- آهک: ۱/۵ گرم

- pH: ۱۰/۵

۴-۳-۱- آزمایش اول

- زمان خردایش: ۴۰ دقیقه

جدول ۱۰-۴- نتایج آزمایش اول جهت بهینه‌سازی زمان خردایش (نتایج آزمایشگاه کرج)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)			
عیار (gr/t)						
---	---	---	---	---	۲۱۵۰	محلول اول
---	---	---	---	---	۳۷۵۵	محلول دوم
---	---	---	---	۰/۰۰۰۲۴	۹۸۶/۴	جامد (باطله)
---	---	---	---	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۱۳٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۷٪)

(آنالیز داده نشده است)

جدول ۴-۱۱- نتایج آزمایش اول جهت بهینه سازی زمان خردایش (نتایج آزمایشگاه شیمی)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۱/۸۴	۸۳/۳۲	۷۳/۴۱	۱/۸۵	۰/۰۰۱۸۵	۰/۰۰۰۸۶	۲۱۵۰	محلول اول
۰/۲۶		۱۰/۳۲	۰/۲۶	۰/۰۰۰۲۶	۰/۰۰۰۰۷	۳۷۵۵	محلول دوم
۰/۴۰	۱۶/۲۷		۰/۴۱	۰/۰۰۰۴۱	۰/۰۰۰۴۲	۹۸۶/۴	جامد (باطله)
۲/۵	۱۰۰		۲/۵۲	۰/۰۰۲۵۲	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۱۳٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۷٪)

۴-۳-۲-آزمایش دوم

- زمان خردایش: ۴۵ دقیقه

جدول ۴-۱۲- نتایج آزمایش دوم جهت بهینه سازی زمان خردایش (نتایج آزمایشگاه کرج)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۲/۰۸	۹۰/۶۴	۸۳/۱۵	۲/۲۲	۰/۰۰۲۲۲	۰/۰۰۰۹۵	۲۳۴۰	محلول اول
۰/۱۹		۷/۴۹	۰/۲۰	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۵۵	۳۶۶۰	محلول دوم
۰/۲۳	۹/۳۶		۰/۲۵	۰/۰۰۰۲۵	۰/۰۰۰۲۵	۹۹۲/۵	جامد (باطله)
۲/۵	۱۰۰		۲/۶۷	۰/۰۰۲۶۷	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۱۲۸٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۷۲٪)

جدول ۴-۱۳- نتایج آزمایش دوم جهت بهینه سازی زمان خردایش (نتایج آزمایشگاه شیمی)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۲/۱۲	۸۹/۲۲	۸۴/۴۸	۱/۹۶	۰/۰۰۱۹۶	۰/۰۰۰۸۴	۲۳۴۰	محلول اول
۰/۱۲		۴/۷۴	۰/۱۱	۰/۰۰۰۱۱	۰/۰۰۰۰۳	۳۶۶۰	محلول دوم
۰/۲۷	۱۰/۷۸		۰/۲۵	۰/۰۰۰۲۵	۰/۰۰۰۲۵	۹۹۲/۵	جامد (باطله)
۲/۵۱	۱۰۰		۲/۳۲	۰/۰۰۲۳۲	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۱۲۸٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۷۲٪)

۴-۳-۲-۳-آزمایش سوم

- زمان خردایش: ۵۰ دقیقه

جدول ۴-۱۴- نتایج آزمایش سوم جهت بهینه سازی زمان خردایش (نتایج آزمایشگاه کرج)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۱/۸۳	۱۹/۵	۷۳/۳۸	۱/۹۵۷	۰/۰۰۱۹۵۷	۰/۰۰۰۹۵	۲۰۶۰	محلول اول
۰/۴۰		۱۶/۱۲	۰/۴۳	۰/۰۰۰۴۳	۰/۰۰۰۱۱	۳۸۹۵	محلول دوم
۰/۲۶	۱۰/۵۰		۰/۲۸	۰/۰۰۰۲۸	۰/۰۰۰۲۸	۹۸۸/۶	جامد (باطله)
۲/۴۹	۱۰۰		۲/۶۶۷	۰/۰۰۲۶۶۷	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۱۲٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۸٪)

جدول ۴-۱۵- نتایج آزمایش سوم جهت بهینه سازی زمان خردایش (نتایج آزمایشگاه شیمی)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۱/۴۶	۹۱/۱۴	۵۸/۷۶	۱/۶۱	۰/۰۰۱۶۱	۰/۰۰۰۷۸	۲۰۶۰	محلول اول
۰/۸۱		۳۲/۴۸	۰/۸۹	۰/۰۰۰۸۹	۰/۰۰۰۲۳	۳۸۹۵	محلول دوم
۰/۲۲	۸/۷۶		۰/۲۴	۰/۰۰۰۲۴	۰/۰۰۰۲۴	۹۸۸/۶	جامد (باطله)
۲/۴۹	۱۰۰		۲/۷۴	۰/۰۰۲۷۴	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۱۲٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۸٪)

۴-۳-۲-۴- آزمایش چهارم

- زمان خردایش: ۵۵ دقیقه

جدول ۴-۱۶- نتایج آزمایش چهارم جهت بهینه سازی زمان خردایش (نتایج آزمایشگاه کرج)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۲/۱۵	۹۵/۶۹	۸۵/۸۸	۲/۱۹	۰/۰۰۲۱۹	۰/۰۰۰۹۹	۲۲۱۰	محلول اول
۰/۲۴		۹/۸۱	۰/۲۵	۰/۰۰۰۲۴۷	۰/۰۰۰۰۶۴	۳۸۵۰	محلول دوم
۰/۱۱	۴/۳۱		۰/۱۱	۰/۰۰۰۱۰۹	۰/۰۰۰۱۱	۹۹۰/۶	جامد (باطله)
۲/۵	۱۰۰		۲/۵۵	۰/۰۰۲۵۵	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۱۱۵٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۸۵٪)

جدول ۴-۱۷- نتایج آزمایش چهارم جهت بهینه سازی زمان خردایش (نتایج آزمایشگاه شیمی)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۲/۱۸	۹۴/۷۴	۸۷/۳۱	۱/۸۱	۰/۰۰۱۸۱	۰/۰۰۰۸۲	۲۲۱۰	محلول اول
۰/۱۹		۷/۴۳	۰/۱۵۴	۰/۰۰۰۱۵۴	۰/۰۰۰۰۴	۳۸۵۰	محلول دوم
۰/۱۳	۵/۲۶		۰/۱۰۹	۰/۰۰۰۱۰۹	۰/۰۰۰۱۱	۹۹۰/۶	جامد (باطله)
۲/۵	۱۰۰		۲/۰۷۳	۰/۰۰۲۰۷۳	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۱۱۵٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۸۵٪)

۴-۳-۲-۵-آزمایش پنجم

- زمان خردایش: ۶۰ دقیقه

جدول ۴-۱۸- نتایج آزمایش پنجم جهت بهینه سازی زمان خردایش (نتایج آزمایشگاه کرج)

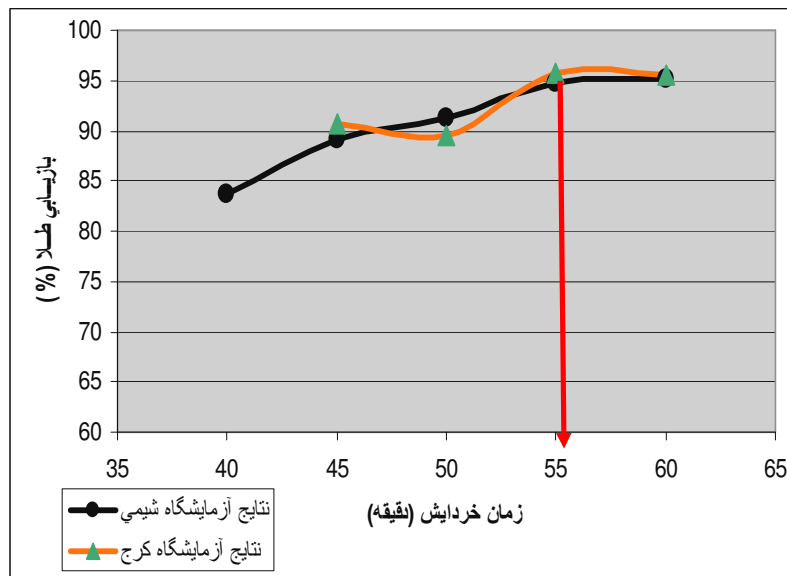
طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۲/۱۸	۹۵/۴۷	۸۷/۱۷	۲/۳۱	۰/۰۰۲۳۱	۰/۰۰۱۰۷	۲۱۶۰	محلول اول
۰/۲۱		۸/۳۰	۰/۲۲	۰/۰۰۰۲۱۶	۰/۰۰۰۰۵۹	۳۶۶۰	محلول دوم
۰/۱۱	۴/۵۳		۰/۱۲	۰/۰۰۰۱۲	۰/۰۰۰۱۲	۱۰۰۱/۴	جامد (باطله)
۲/۵	۱۰۰		۲/۶۵	۰/۰۰۲۶۴۶	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۱۱۵٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۸۵٪)

جدول ۴-۱۹- نتایج آزمایش پنجم جهت بهینه سازی زمان خردایش (نتایج آزمایشگاه شیمی)

تصحیح شده	طلا			عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول
	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)			
عیار (gr/t)						
۲/۲۹	۹۱/۶۲	۱/۸۶	۰/۰۰۱۸۶	۰/۰۰۰۸۶	۲۱۶۰	محلول اول
۰/۰۹	۳/۴۵	۰/۰۷	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰۲	۳۶۶۰	محلول دوم
۰/۱۲	۴/۹۳	۰/۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۱۰۰۱/۴	جامد (باطله)
۲/۵	۱۰۰	۲/۰۳	۰/۰۰۲۰۳	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۱۱۵٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۸۵٪)



شکل ۴-۳- بازیابی طلا بر حسب زمان خردایش

نتیجه‌گیری

با توجه به داده‌های بدست‌آمده زمان خردایش ۵۵ دقیقه بالاترین بازیابی را به مقدار حدود ۹۵ درصد حاصل نموده است. لذا آزمایش‌های بعدی سیانوراسیون بر مبنی (۵۵ دقیقه خردایش) می‌باشد.

۴-۳-۳- دانه بندی نمونه پس از خردایش به مدت ۵۵ دقیقه

جدول ۴-۲۰- نتایج مربوط به دانه‌بندی نمونه خرد شده بوسیله آسیای گلوله‌ای در مدت ۵۵ دقیقه

مش	میکرون	وزن (گرم)	درصد وزنی (%)	درصد تجمعی عبور کرده (%)	درصد تجمعی باقیمانده (%)
+۲۰۰	+۷۵	۹۹/۷	۱۰/۱۵	۸۹/۸۵	۱۰/۱۵
-۲۰۰+۲۳۰	-۷۵+۶۲	۷۰/۹	۷/۲۱	۸۲/۶۴	۱۷/۳۶
-۲۳۰+۲۷۰	-۶۲+۵۳	۳۲/۶	۳/۳۲	۷۹/۳۲	۲۰/۶۸
-۲۷۰+۳۲۵	-۵۳+۴۴	۶۲/۷	۶/۳۸	۷۲/۹۴	۲۷/۰۶
-۳۲۵+۴۰۰	-۴۴+۳۷	۸۰/۸	۸/۲۲	۶۴/۷۲	۳۵/۲۸
-۴۰۰	-۳۷	۶۳۵/۹	۶۴/۷۲	۰	۱۰۰
کل	---	۹۸۲/۶	۱۰۰	---	---

نتیجه‌گیری

پس از آسیاکردن نمونه به مدت ۵۵ دقیقه، ۸۹/۸۵ درصد مواد از ۲۰۰مش (۷۵ میکرون) کوچکتر می‌باشند. لذا با توجه به آزمایش‌های انجام شده در فراکسیون‌های مختلف، این دانه‌بندی بالاترین بازیابی را جهت استحصال طلا حاصل نموده است.

۴-۳-۴- آزمایش‌های تغییرات غلظت سیانور

هدف از آزمایش: بررسی تغییرات غلظت سیانور در محیط انحلال بر روی بازیابی طلا

شرایط آزمایش

- زمان: ۲۴ ساعت

- وزن: ۱ کیلوگرم

- آب: ۲ لیتر

- درصد جامد: ۳۳ درصد

- خردایش: ۵۵ دقیقه

- آهک مصرفی: دوتای اولی ۱/۵ گرم- سه تای بعدی ۱/۲ گرم

۴-۳-۴-۱- آزمایش اول

- غلظت سیانور: ۵ گرم

جدول ۴-۲۱- نتایج آزمایش اول جهت بهینه سازی غلظت سیانور (نتایج آزمایشگاه کرج)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)			
عیار (gr/t)						
۱/۲۲	۸۱/۶۸	۴۸/۸۶	۰/۰۰۱۲۸	۰/۰۰۰۶۵	۱۹۶۵	محلول اول
۰/۸۲		۳۲/۸۲	۰/۸۶	۰/۰۰۰۸۶	۰/۰۰۰۰۳	۲۸۸۰
۰/۴۶	۱۸/۳۲	۰/۴۸	۰/۰۰۰۴۸	۰/۰۰۰۰۴۹	۹۹۰/۶	جامد (باطله)
۲/۵	۱۰۰	۲/۶۲	۰/۰۰۲۶۲	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۰۹۵٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۵۵٪)

جدول ۴-۲۲- نتایج آزمایش اول جهت بهینه سازی غلظت سیانور (نتایج آزمایشگاه شیمی)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)			
عیار (gr/t)						
۱/۵۲	۷۷/۵۸	۶۰/۹۹	۰/۰۰۱۳۶	۰/۰۰۰۶۹	۱۹۶۵	محلول اول
۰/۴۱		۱۶/۵۹	۰/۳۷	۰/۰۰۰۳۷	۰/۰۰۰۱۳	۲۸۸۰
۰/۵۶	۲۲/۴۲	۰/۵	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۵۱	۹۹۰/۶	جامد (باطله)
۲/۴۹	۱۰۰	۲/۲۳	۰/۰۰۲۲۳	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۰۹۵٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۵۵٪)

۴-۳-۲- آزمایش دوم

- غلظت سیانور: ۷ گرم

جدول ۴-۲۳- نتایج آزمایش دوم جهت بهینه سازی غلظت سیانور (نتایج آزمایشگاه کرج)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۱/۴۶	۸۱/۷۹	۵۸/۲۱	۱/۹۵	۰/۰۰۱۹۵	۰/۰۰۱۱	۱۷۷۵	محلول اول
۰/۵۹		۲۳/۵۸	۰/۷۹	۰/۰۰۰۷۹	۰/۰۰۰۳	۲۶۳۵	محلول دوم
۰/۴۶	۱۸/۲۱		۰/۶۱	۰/۰۰۰۶۱	۰/۰۰۰۶۲	۹۸۹/۸	جامد (باطله)
۲/۵۱	۱۰۰		۳/۳۵	۰/۰۰۳۳۵	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۱۷٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۸٪)

جدول ۴-۲۴- نتایج آزمایش دوم جهت بهینه سازی غلظت سیانور (نتایج آزمایشگاه شیمی)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۱/۶۱	۸۲/۱۷	۶۴/۴۳	۱/۹۲	۰/۰۰۱۹۲	۰/۰۰۱۰۸	۱۷۷۵	محلول اول
۰/۴۶		۱۸/۴۶	۰/۵۵	۰/۰۰۰۵۵	۰/۰۰۰۲۱	۲۶۳۵	محلول دوم
۰/۴۳	۱۷/۱۱		۰/۵۱	۰/۰۰۰۵۱	۰/۰۰۰۵۲	۹۸۹/۸	جامد (باطله)
۲/۵	۱۰۰		۲/۹۸	۰/۰۰۲۹۸	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۱۷٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۸٪)

۴-۳-۴-۳- آزمایش سوم

- غلظت سیانور: ۹ گرم

جدول ۴-۲۵- نتایج آزمایش سوم جهت بهینه سازی غلظت سیانور (نتایج آزمایشگاه کرج)

طلا			عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول
تصحیح شده	بازیابی	عیار (gr/t)			
عیار (gr/t)	(%)	محتوی در محصول (گرم)			
۱/۶۳	۶۵/۱۲	۱/۹۶	۰/۰۰۱۹۶	۰/۰۰۰۸۹	محلول اول
۰/۶۵		۲۶/۲۴	۰/۷۹	۰/۰۰۰۷۹	۰/۰۰۰۳
۰/۲۳	۸/۶۴	۰/۲۶	۰/۰۰۰۲۶	۰/۰۰۰۲۶	جامد (باطله)
۲/۵۱	۱۰۰	۳/۰۱	۰/۰۰۳۰۱	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۲۴٪ و سیانور مصرفی: ۰/۲۱٪)

جدول ۴-۲۶- نتایج آزمایش سوم جهت بهینه سازی غلظت سیانور (نتایج آزمایشگاه شیمی)

طلا			عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول
تصحیح شده	بازیابی	عیار (gr/t)			
عیار (gr/t)	(%)	محتوی در محصول (گرم)			
۱/۹۴	۷۷/۰۴	۱/۹۸	۰/۰۰۱۹۸	۰/۰۰۰۹	محلول اول
۰/۲۵		۱۰/۱۲	۰/۲۶	۰/۰۰۰۲۶	۰/۰۰۰۱
۰/۳۲	۱۲/۸۴	۰/۳۳	۰/۰۰۰۳۳	۰/۰۰۰۳۳۵	جامد (باطله)
۲/۵۱	۱۰۰	۲/۵۷	۰/۰۰۲۵۷	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۲۴٪ و سیانور مصرفی: ۰/۲۱٪)

۴-۳-۴- آزمایش چهارم

- غلظت سیانور: ۱۱ گرم

جدول ۴-۲۷- نتایج آزمایش چهارم جهت بهینه سازی غلظت سیانور (نتایج آزمایشگاه کرج)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)			
عیار (gr/t)						
۱/۵۴	۶۱/۱۵	۱/۵۹	۰/۰۰۱۵۹	۰/۰۰۰۷۲	۲۲۱۰	محلول اول
۰/۸۲		۳۳/۰۸	۰/۸۶	۰/۰۰۰۸۶	۰/۰۰۰۳	۲۸۸۰
۰/۱۴	۵/۷۷	۰/۱۵	۰/۰۰۰۱۵	۰/۰۰۰۱۵	۹۸۳/۲	جامد (باطله)
۲/۵	۱۰۰	۲/۶	۰/۰۰۲۶	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۲۹٪ و سیانور مصرفی: ۰/۲۶٪)

جدول ۴-۲۸- نتایج آزمایش چهارم جهت بهینه سازی غلظت سیانور (نتایج آزمایشگاه شیمی)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)			
عیار (gr/t)						
۱/۷۴	۶۹/۴۰	۱/۶۱	۰/۰۰۱۶۱	۰/۰۰۰۷۳	۲۲۱۰	محلول اول
۰/۴۶		۱۸/۵۳	۰/۴۳	۰/۰۰۰۴۳	۰/۰۰۰۱۵	۲۸۸۰
۰/۳۰	۱۲/۰۷	۰/۲۸	۰/۰۰۰۲۸	۰/۰۰۰۲۸۵	۹۸۳/۲	جامد (باطله)
۲/۵	۱۰۰	۲/۳۲	۰/۰۰۲۳۲	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۲۹٪ و سیانور مصرفی: ۰/۲۶٪)

۴-۳-۴-۵- آزمایش پنجم

- غلظت سیانور: ۱۳ گرم

جدول ۴-۲۹- نتایج آزمایش پنجم جهت بهینه سازی غلظت سیانور (نتایج آزمایشگاه کرج)

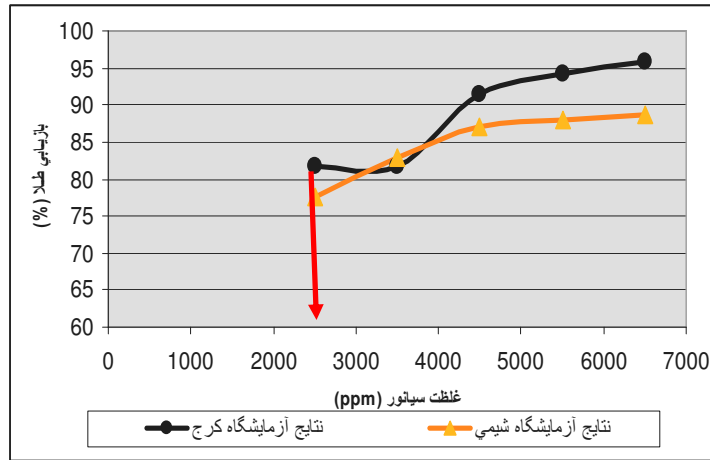
طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)			
عیار (gr/t)						
۱/۷۳	۶۹/۴۱	۲/۱۱	۰/۰۰۲۱۱	۰/۰۰۰۹۵	۲۲۲۰	محلول اول
۰/۶۶						۲۶/۳۲
۰/۱۱	۴/۲۷	۰/۱۳	۰/۰۰۰۱۳	۰/۰۰۰۱۳	۹۸۳	جامد (باطله)
۲/۵	۱۰۰	۳/۰۴	۰/۰۰۳۰۴	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۴۶٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۹٪)

جدول ۴-۳۰- نتایج آزمایش پنجم جهت بهینه سازی غلظت سیانور (نتایج آزمایشگاه شیمی)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)			
عیار (gr/t)						
۲/۰۶	۸۱/۸۸	۲/۲۶	۰/۰۰۲۲۶	۰/۰۰۱۰۲	۲۲۲۰	محلول اول
۰/۱۷						۶/۸۸
۰/۲۸	۱۱/۲۴	۰/۳۱	۰/۰۰۰۳۱	۰/۰۰۰۳۱۵	۹۸۳	جامد (باطله)
۲/۵۱	۱۰۰	۲/۷۶	۰/۰۰۲۷۶	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۴۶٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۹٪)



شکل ۴-۴- بازبایی طلا بر حسب غلظت سیانور

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه مقدار سیانور آزاد در ۲۵۰۰ ppm بین ۰/۰۵ تا ۰/۱ درصد می‌باشد لذا این مقدار برای آزمایش‌های بعدی انتخاب گردید.

با توجه به اینکه نتایج بدست آمده برای بازبایی طلا در آزمایش‌های دهم و یازدهم با داده‌های قبلی (آزمایش‌های تغییرات دانه‌بندی) همخوانی ندارد لذا آزمایش‌ها دوباره تکرار شدند که در ادامه نتایج ارائه شده است.

۴-۳-۵- آزمایش تکراری برای آزمایش‌های اول و دوم تغییرات غلظت

۴-۳-۵-۱- آزمایش اول

- غلظت سیانور: ۵ گرم

جدول ۴-۳۱- نتایج آزمایش اول جهت بهینه‌سازی غلظت سیانور (نتایج آزمایشگاه کرج)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول
تصحیح شده	بازبایی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)			
۱/۳۷	۸۸/۳۵	۵۴/۸۹	۱/۴۶	۰/۰۰۱۴۶	۰/۰۰۰۶۵	محلول اول
۰/۸۴		۳۳/۴۶	۰/۸۹	۰/۰۰۰۸۹	۰/۰۰۰۰۳	محلول دوم
۰/۲۹	۱۱/۶۵	۰/۳۱	۰/۰۰۰۳۱	۰/۰۰۰۰۳۱	۱۰۰۰	جامد (باطله)
۲/۵	۱۰۰	۲/۶۶	۰/۰۰۲۶۶	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۰۹۶٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۵۴٪)

جدول ۴-۳۲- نتایج آزمایش اول جهت بهینه سازی غلظت سیانور (نتایج آزمایشگاه شیمی)

طلا			عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)			
عیار (gr/t)					
۱/۶۴	۱۶/۴۲	۶۵/۹۴	۰/۰۰۱۵۱	۰/۰۰۰۶۷	محلول اول
۰/۲۶		۱۰/۴۸	۰/۲۴	۰/۰۰۰۲۴	۰/۰۰۰۰۸
۰/۵۹	۲۳/۵۸		۰/۰۰۰۵۴	۰/۰۰۰۵۴	جامد (باطله)
۲/۴۹	۱۰۰		۰/۰۰۲۲۹	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۰۹۶٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۵۴٪)

۴-۳-۵-۲- آزمایش دوم

- غلظت سیانور: ۷ گرم

جدول ۴-۳۳- نتایج آزمایش دوم جهت بهینه سازی غلظت سیانور (نتایج آزمایشگاه کرج)

طلا			عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)			
عیار (gr/t)					
۱/۵۴	۹۰/۷۵	۶۱/۳۰	۰/۰۰۱۷۹	۰/۰۰۰۷۸	محلول اول
۰/۷۴		۲۹/۴۵	۰/۸۶	۰/۰۰۰۸۶	۰/۰۰۰۰۳
۰/۲۳	۹/۲۵		۰/۰۰۰۲۷	۰/۰۰۰۲۷	جامد (باطله)
۲/۵۱	۱۰۰		۰/۰۰۲۹۲	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۱۹٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۶٪)

جدول ۴-۳۴- نتایج آزمایش دوم جهت بهینه سازی غلظت سیانور (نتایج آزمایشگاه شیمی)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)			
عیار (gr/t)						
۱/۷۵	۷۰/۲۰	۱/۷۹	۰/۰۰۱۷۹	۰/۰۰۰۷۸	۲۲۹۵	محلول اول
۰/۳۳	۱۳/۳۳	۰/۳۴	۰/۰۰۰۳۴	۰/۰۰۰۱۲	۲۸۶۰	محلول دوم
۰/۴۱	۱۶/۴۷	۰/۴۲	۰/۰۰۰۴۲	۰/۰۰۰۴۲	۱۰۰۶/۳	جامد (باطله)
۲/۴۹	۱۰۰	۲/۵۵	۰/۰۰۲۵۵	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۱۹٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۶٪)

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از آزمایشگاه شیمی همبستگی خوبی با داده‌های قبلی مشابه دارد. ولی داده‌های مربوط به مرکز کرج دارای خطا می‌باشد. ولی با توجه به داده‌های قبلی، بنظر می‌رسد که نتایج بدست آمده از دو آزمایش اخیر صحیح تر می‌باشد.

۴-۳-۶- خنثی سازی محلول سیانور دار با H_2O_2

۲۰۰ سی سی محلول با ۲۷۵۰ پی پی ام سیانور آزاد در حضور ۹ گرم محلول H_2O_2 در pH ۱۰/۵ به مدت ۴۵ دقیقه با همزن در دور ۲۴۰ دور در دقیقه، هم زده شد. از محلول در زمانهای ۱۵، ۳۰ و ۴۵ دقیقه نمونه گرفته و تیترا با نیترا نقره انجام گرفت. مقادیر سیانور آزاد در جدول ۳۵ ارائه شده است.

جدول ۴-۳۵- نتایج مربوط به خنثی سازی سیانور آزاد با استفاده از H_2O_2

زمان (دقیقه)	سیانور آزاد (پی پی ام)	سیانور آزاد (%)
۱۵	۸۰	۰/۰۰۸
۳۰	۶۰	۰/۰۰۶
۴۵	۴۰	۰/۰۰۴

نتیجه‌گیری

با توجه به مسائل زیست محیطی سیانور، آزمایش خنثی‌سازی با شرایط ذکر شده انجام شد و در نهایت مقدار سیانور آزاد در محلول به حداقل مقدار که کمترین آسیب را به طبیعت برساند بدست آمد. پس از ۴۵ دقیقه، سیانور آزاد به ۴۰ پی پی ام رسید.

۴-۳-۷- تعیین مقدار سیانور آزاد بهینه در محلول سیانوری

شرایط آزمایش

وزن ماده: یک کیلوگرم

آب: ۲ لیتر

زمان: ۲۴ ساعت

درصد جامد: ۳۳ درصد

دور همزن: ۴۰۰ rpm

آهک: به تدریج تا pH به حدود ۱۰/۵ رسیده و ثابت بماند. (۱/۶ گرم)

زمان خردایش: ۵۵ دقیقه

جدول ۴-۳۶- نتایج آزمایش کنترلی جهت بهینه‌سازی مقدار سیانور مصرفی

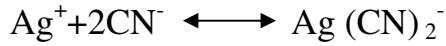
سیانور آزاد (%)	تیتراسیون	سیانور اضافه شده (گرم)	زمان (ساعت)
		۲	۱
۰/۰۱	*		۲
		۱	۲/۱۵
۰/۰۷	*		۳/۱۵
		۱	۳/۳۰
۰/۱۲	*		۴/۳۰
		۱	۵
۰/۱۵	*		۵/۳۰
۰/۱۴	*		۸
۰/۱۲	*		۲۳

نتیجه‌گیری

در مجموع ۵ گرم سیانور اضافه شد. سیانور آزاد موجود در محلول بعد از ۲۳ ساعت در حدود ۰/۱۲ درصد می‌باشد. مقدار بهینه سیانور آزاد در محلول در حدود ۰/۰۵ تا ۰/۱ درصد می‌باشد. با این حساب حدود ۴-۵ گرم سیانور برای انجام آزمایش سیانوراسیون کافی می‌باشد.

۴-۳-۸- محاسبه مقدار عددی ۱/۷۳۴ گرم نیترات نقره در تیتراسیون

ترکیبات موجود در محلول سیانوری عبارتند از: CN^- و I^- ، $\text{Au}(\text{CN})_4^-$



در مرحله اول یون نقره با یون سیانور وارد واکنش می‌شود و پس از اتمام یون سیانور، یون نقره با یون ید کمپلکس می‌دهد. سرعت واکنش اول 10^{21} برابر واکنش دوم است پس در مرحله اول واکنش اول و در مرحله دوم (پس از اتمام یون سیانور) واکنش دوم انجام می‌شود.

وزن ملکولی $\text{Ag}(\text{NO}_3)$ برابر است با ۱۶۹/۸۷۳۱۴

وزن ملکولی NaCN برابر است با ۴۹/۰۰۷۲۱

$$\text{xml}(\text{AgNO}_3) * \frac{0.0102076 \text{ mmol}(\text{AgNO}_3)}{1 \text{ ml}(\text{AgNO}_3)} * \frac{2 \text{ mmol}(\text{NaCN})}{1 \text{ mmol}(\text{AgNO}_3)} * \frac{49.00721 \text{ mg}(\text{NaCN})}{1 \text{ mmol}(\text{NaCN})} / 0.01 \text{ L} = x * 100.04948$$



قسمت دوم معادله مولاریته $\text{Ag}(\text{NO}_3)$ می‌باشد.

$$\frac{1 \text{ mol}(\text{AgNO}_3)}{0.0102076} = \frac{169.87314}{1.734}$$

در نهایت مقدار میلی لیتر محلول نیترات نقره مصرفی پس از اتمام تیتراسیون در عدد ۱۰۰ ضرب می‌شود تا مقدار میلی گرم بر لیتر یا پی پی ام سیانور آزاد بدست آید.

۴-۳-۹- آزمایش های تغییرات pH محیط

هدف از آزمایش: بررسی تغییرات pH محیط بر روی بازیابی طلا

شرایط آزمایش

- زمان: ۲۴ ساعت

- وزن: ۱ کیلوگرم

- آب: ۲ لیتر

- درصد جامد: ۳۳ درصد

- خردایش: ۵۵ دقیقه

- وزن سیانور: ۵ گرم (بر اساس آزمایش تیتراسیون و آزمایش های تکمیلی غلظت سیانور)

- دور همزن: ۴۰۰ دور در دقیقه

۴-۳-۹-۱- آزمایش اول

- pH محیط: ۹/۵۵

- آهک مصرفی: ۱ گرم

جدول ۴-۳۷- نتایج آزمایش اول جهت بهینه سازی pH محیط (نتایج آزمایشگاه کرج)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)			
عیار (gr/t)						
۱/۹۴	۷۷/۹۹	۲/۰۲	۰/۰۰۲۰۲	۰/۰۰۰۹۲	۲۱۹۵	محلول اول
۰/۲۲		۸/۸۸	۰/۲۳	۰/۰۰۰۲۳	۰/۰۰۰۰۶۲	۳۶۹۰
۰/۳۳	۱۳/۱۳	۰/۳۴	۰/۰۰۰۳۴	۰/۰۰۰۳۴	۹۹۹	جامد (باطله)
۲/۴۹	۱۰۰	۲/۵۹	۰/۰۰۲۵۹	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۰۲۴٪ و سیانور مصرفی: ۰/۲۲۶٪)

جدول ۴-۳۸- نتایج آزمایش اول جهت بهینه سازی pH محیط (نتایج آزمایشگاه شیمی)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)			
عیار (gr/t)						
۱/۷۹	۷۱/۳۲	۱/۷۵۶	۰/۰۰۱۷۵۶	۰/۰۰۰۰۸	۲۱۹۵	محلول اول
۰/۴۱		۱۶/۵۰	۰/۴۰۶	۰/۰۰۰۰۴۰۶	۰/۰۰۰۰۱۱	۳۶۹۰
۰/۳۱	۱۲/۱۸	۰/۳	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۳	۹۹۹	جامد (باطله)
۲/۵۱	۱۰۰	۲/۴۶۲	۰/۰۰۲۴۶۲	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۰۲۴٪ و سیانور مصرفی: ۰/۲۲۶٪)

۴-۳-۹-۲- آزمایش دوم

- pH محیط: ۱۰/۴۵

- آهک مصرفی: ۱/۶ گرم

جدول ۴-۳۹- نتایج آزمایش دوم جهت بهینه سازی pH محیط (نتایج آزمایشگاه کرج)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۱/۹۹	۹۰/۹	۷۹/۴۹	۱/۸۶	۰/۰۰۱۸۶	۰/۰۰۰۸۱	۲۲۹۵	محلول اول
۰/۲۸		۱۱/۱۱	۰/۲۶	۰/۰۰۰۲۶	۰/۰۰۰۰۶۸	۳۸۴۵	محلول دوم
۰/۲۳	۹/۴۰	۰/۲۲	۰/۰۰۰۲۲	۰/۰۰۰۲۲	۹۹۰/۹	جامد (باطله)	
۲/۵	۱۰۰	۲/۳۴	۰/۰۰۲۳۴	---	---	جمع	

(سیانور آزاد: ۰/۰۶۳٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۸۷٪)

جدول ۴-۴۰- نتایج آزمایش دوم جهت بهینه سازی pH محیط (نتایج آزمایشگاه شیمی)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۱/۶۹	۸۵/۵۰	۶۷/۴۴	۱/۷۲۱	۰/۰۰۱۷۲۱	۰/۰۰۰۷۵	۲۲۹۵	محلول اول
۰/۴۵		۱۸/۰۶	۰/۴۶۱	۰/۰۰۰۴۶۱	۰/۰۰۰۱۲	۳۸۴۵	محلول دوم
۰/۳۶	۱۴/۵۰	۰/۳۷	۰/۰۰۰۳۷	۰/۰۰۰۳۷	۹۹۰/۹	جامد (باطله)	
۲/۵	۱۰۰	۲/۵۵۲	۰/۰۰۲۵۵۲	---	---	جمع	

(سیانور آزاد: ۰/۰۶۳٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۸۷٪)

۴-۳-۹-۳- آزمایش سوم

- pH محیط: ۱۰/۸۵

- آهک مصرفی: ۲/۷ گرم

جدول ۴-۴۱- نتایج آزمایش سوم جهت بهینه سازی pH محیط (نتایج آزمایشگاه کرج)

طلا			عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/سی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی	عیار				
عیار (gr/t)	(%)	(gr/t)	محتوی در محصول (گرم)			
۱/۹۹	۸۷/۳۶	۱/۸۸	۰/۰۰۱۸۸	۰/۰۰۰۸۶	۲۱۹۰	محلول اول
۰/۱۸		۷/۲۳	۰/۱۷	۰/۰۰۰۱۷	۰/۰۰۰۰۴۴	۳۸۶۰
۰/۳۲	۱۲/۷۶		۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۳	۹۹۹/۳	جامد (باطله)
۲/۴۹	۱۰۰		۲/۳۵	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۰۸۹٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۶۱٪)

جدول ۴-۴۲- نتایج آزمایش سوم جهت بهینه سازی pH محیط (نتایج آزمایشگاه شیمی)

طلا			عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/سی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی	عیار				
عیار (gr/t)	(%)	(gr/t)	محتوی در محصول (گرم)			
۱/۷۷	۸۷/۹۱	۷۰/۶۲	۰/۰۰۱۵۷۷	۰/۰۰۰۷۲	۲۱۹۰	محلول اول
۰/۴۳		۱۷/۲۹	۰/۳۸۶	۰/۰۰۰۳۸۶	۰/۰۰۰۱	۳۸۶۰
۰/۳۰	۱۲/۰۹		۰/۰۰۰۲۷	۰/۰۰۰۲۷	۹۹۹/۳	جامد (باطله)
۲/۵	۱۰۰		۲/۲۳۳	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۰۸۹٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۶۱٪)

۴-۳-۹-۴- آزمایش چهارم

- pH محیط: ۱۱/۴۱

- آهک مصرفی: ۴ گرم

جدول ۴-۴۳- نتایج آزمایش چهارم جهت بهینه سازی pH محیط (نتایج آزمایشگاه کرج)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/سی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۱/۴۵	۵۹/۳۷	۵۸/۱۲	۱/۸۶	۰/۰۰۱۸۶	۰/۰۰۰۸۴	۲۲۲۰	محلول اول
۰/۰۳		۱/۲۵	۰/۰۴	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۰۹۸	۳۷۸۰	محلول دوم
۱/۰۱	۴۰/۶۳		۱/۳	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۱۳۰	۹۹۹	جامد (باطله)
۲/۴۹	۱۰۰		۳/۲	۰/۰۰۳۲	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۱۲۵٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۲۵٪)

جدول ۴-۴۴- نتایج آزمایش چهارم جهت بهینه سازی pH محیط (نتایج آزمایشگاه شیمی)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/سی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۱/۸۶	۱۶/۱۷	۷۴/۵۳	۱/۸۲۰	۰/۰۰۱۸۲	۰/۰۰۰۸۲	۲۲۲۰	محلول اول
۰/۲۳		۹/۰۹	۰/۲۲۲	۰/۰۰۰۲۲۲	۰/۰۰۰۰۰۸	۳۷۸۰	محلول دوم
۰/۴۱	۱۶/۳۸		۰/۴	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۴	۹۹۹	جامد (باطله)
۲/۵	۱۰۰		۲/۴۴۲	۰/۰۰۲۴۴۲	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۱۲۵٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۲۵٪)

۴-۳-۹-۵- آزمایش پنجم

- pH محیط: ۱۱/۸۲

- آهک مصرفی: ۶/۱ گرم

جدول ۴-۴۵- نتایج آزمایش پنجم جهت بهینه سازی pH محیط (نتایج آزمایشگاه کرج)

طلا			محتوی در محصول (گرم)	عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)					
عیار (gr/t)							
۲/۲۴	۶۶/۱۵	۸۹/۴۹	۲/۱۳	۰/۰۰۲۱۳	۰/۰۰۰۹۴	۲۲۷۰	محلول اول
۰/۱		۴/۲۰	۰/۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۲۶	۳۸۹۰	محلول دوم
۰/۱۶	۶/۳۱		۰/۱۵	۰/۰۰۰۱۵	۰/۰۰۰۱۵	۱۰۰۲/۵	جامد (باطله)
۲/۵	۱۰۰		۲/۳۸	۰/۰۰۲۳۸	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۱۷۵٪ و سیانور مصرفی: ۰/۰۷۵٪)

جدول ۴-۴۶- نتایج آزمایش پنجم جهت بهینه سازی pH محیط (نتایج آزمایشگاه شیمی)

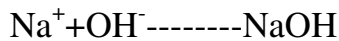
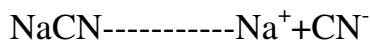
طلا			محتوی در محصول (گرم)	عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)					
عیار (gr/t)							
۱/۸۹	۱/۶۷	۷۵/۶۶	۱/۶۵۷	۰/۰۰۱۶۵۷	۰/۰۰۰۷۳	۲۲۷۰	محلول اول
۰/۲۶		۱۰/۶۴	۰/۲۳۳	۰/۰۰۰۲۳۳	۰/۰۰۰۰۶	۳۸۹۰	محلول دوم
۰/۳۴	۱۳/۷۰		۰/۳	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۳	۱۰۰۲/۵	جامد (باطله)
۲/۴۹	۱۰۰		۲/۱۹	۰/۰۰۲۱۹	---	---	جمع

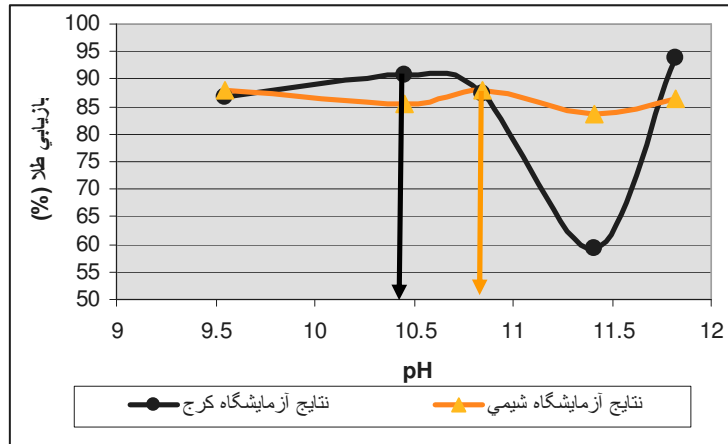
(سیانور آزاد: ۰/۱۷۵٪ و سیانور مصرفی: ۰/۰۷۵٪)

نتیجه گیری

- در پالپ هایی که pH بالا دارند پس از همزنی، مشاهده شد در مدت زمان کوتاهی جامد سریعاً ته نشین شده و آب شفاف در روی جامد قرار گرفته است. این پدیده در دو مورد آخر که دارای pH ۱۱/۴۱ و ۱۱/۸۲ بودند کاملاً مشهود است. این عامل می تواند به دلیل ایجاد هیدرواکسیدهای کلسیم و سدیم و در نهایت ته نشینی سریع آنها و ایجاد یک پیوندی میان ذرات است که مشابه فلوکولانت عمل می کند.

- در pH بالا مقدار سیانور آزاد بیشتر می باشد. این عامل به دلیل واکنش OH^- با Na^+ و حرکت واکنش برای تولید سیانور آزاد می باشد.





شکل ۴-۵- بازیابی طلا بر حسب pH

نتایج حاصل از آزمایشگاه کرج نشان دهنده pH بهینه ۱۰/۴۵ و نتایج حاصل از آزمایشگاه شیمی نشان دهنده pH بهینه ۱۰/۸۵ می‌باشد لذا در آزمایشهای بعدی pH ۱۰/۶ در نظر گرفته شد.

۴-۳-۱۰- آزمایش‌های تکراری pH

هدف: بررسی داده‌های بدست آمده از آزمایشهای قبلی جهت انتخاب pH بهینه

- غلظت سیانور: ۵ گرم

۴-۳-۱۰-۱- آزمایش اول

- pH محیط: ۱۱/۴۱

- آهک مصرفی: ۴/۱ گرم

جدول ۴-۴۷- نتایج آزمایش اول جهت بهینه سازی pH محیط (نتایج آزمایشگاه کرج)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)			
عیار (gr/t)						
۱/۹۹	۷۹/۵۹	۱/۹۵	۰/۰۰۱۹۵	۰/۰۰۰۸۶	۲۲۷۰	محلول اول
۰/۲	۸/۱۶	۰/۲	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۵۱	۳۹۷۰	محلول دوم
۰/۳۱	۱۲/۲۵	۰/۳	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۳	۱۰۰۷/۱	جامد (باطله)
۲/۵	۱۰۰	۲/۴۵	۰/۰۰۲۴۵	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۱۲۸٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۲۲٪)

جدول ۴-۴۸- نتایج آزمایش اول جهت بهینه سازی pH محیط (نتایج آزمایشگاه شیمی)

طلا			عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول
تصحیح شده	بازیابی	عیار			
عیار (gr/t)	(%)	(gr/t)	محتوی در محصول (گرم)		
۱/۹۰	۷۵/۸۹	۱/۷۰	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۰۷۵	محلول اول
۰/۲۲		۸/۹۳	۰/۲	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۵
۰/۳۸	۱۵/۱۸		۰/۰۰۰۳۴	۰/۰۰۰۳۴	جامد (باطله)
۲/۵	۱۰۰		۲/۲۴	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۱۲۸٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۲۲٪)

۴-۳-۱۰-۲- آزمایش دوم

- pH محیط: ۱۱/۹۱

- آهک مصرفی: ۶/۵ گرم

جدول ۴-۴۹- نتایج آزمایش دوم جهت بهینه سازی pH محیط (نتایج آزمایشگاه کرج)

طلا			عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول
تصحیح شده	بازیابی	عیار			
عیار (gr/t)	(%)	(gr/t)	محتوی در محصول (گرم)		
۲/۰۶	۸۲/۶۹	۲/۱۵	۰/۰۰۲۱۵	۰/۰۰۰۹۹	محلول اول
۰/۲۲		۸/۸۵	۰/۲۳	۰/۰۰۰۲۳	۰/۰۰۰۰۶
۰/۲۱	۸/۴۶		۰/۰۰۰۲۲	۰/۰۰۰۲۲	جامد (باطله)
۲/۴۹	۱۰۰		۲/۶	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۱۸۴٪ و سیانور مصرفی: ۰/۰۶۶٪)

جدول ۴-۵۰- نتایج آزمایش دوم جهت بهینه سازی pH محیط (نتایج آزمایشگاه شیمی)

طلا			محتوی در محصول (گرم)	عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)				
۲/۰۲	۹۰	۸۰/۵۳	۰/۰۰۱۸۲	۰/۰۰۰۸۴	۲۱۷۰	محلول اول
۰/۲۵		۱۰/۱۸	۰/۲۳	۰/۰۰۰۲۳	۰/۰۰۰۰۶	۳۸۶۰
۰/۲۳	۹/۲۹	۰/۲۱	۰/۰۰۰۲۱	۰/۰۰۰۲۱	۱۰۰۹/۴	جامد (باطله)
۲/۵	۱۰۰	۲/۲۶	۰/۰۰۲۲۶	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۱۸۴٪ و سیانور مصرفی: ۰/۰۶۶٪)

نتیجه‌گیری

با pH محیط ۱۱/۴۱ بازیابی به حدود ۸۷ درصد و با pH محیط ۱۱/۹۱ بازیابی به بالای ۹۰ درصد رسیده است.

۴-۳-۱۱- آزمایش های تغییرات غلظت سیانور در pH بهینه

هدف: بررسی تغییرات غلظت سیانور با pH بهینه شده

- pH محیط: ۱۰/۶۰

۴-۳-۱۱-۱- آزمایش اول

- غلظت سیانور: ۴ گرم

- آهک مصرفی: ۲ گرم

جدول ۴-۵۱- نتایج آزمایش اول جهت بهینه سازی غلظت سیانور در pH ۱۰/۶ (نتایج آزمایشگاه کرج)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۱/۸۴	۹۲/۵۹	۷۳/۷۹	۲/۵۹	۰/۰۰۲۵۹	۰/۰۰۱۲	۲۱۶۰	محلول اول
۰/۴۷		۱۸/۸۰	۰/۶۶	۰/۰۰۰۶۶	۰/۰۰۰۱۷	۳۸۶۵	محلول دوم
۰/۱۸	۷/۴۱		۰/۲۶	۰/۰۰۰۲۶	۰/۰۰۰۲۶	۱۰۰۴/۷	جامد (باطله)
۲/۴۹	۱۰۰		۳/۵۱	۰/۰۰۳۵۱	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۰۴۷٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۵۳٪)

جدول ۴-۵۲- نتایج آزمایش اول جهت بهینه سازی غلظت سیانور در pH ۱۰/۶ (نتایج آزمایشگاه شیمی)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۱/۸۹	۱۱/۱۰	۷۵/۳۷	۲/۰۵	۰/۰۰۲۰۵	۰/۰۰۰۹۵	۲۱۶۰	محلول اول
۰/۳۹		۱۵/۴۴	۰/۴۲	۰/۰۰۰۴۲	۰/۰۰۰۱۱	۳۸۶۵	محلول دوم
۰/۲۳	۹/۱۹		۰/۲۵	۰/۰۰۰۲۵	۰/۰۰۰۲۵	۱۰۰۴/۷	جامد (باطله)
۲/۵۱	۱۰۰		۲/۷۲	۰/۰۰۲۷۲	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۰۴۷٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۵۳٪)

۴-۳-۱۱-۲- آزمایش دوم

- غلظت سیانور: ۵ گرم

- آهک مصرفی ۲ گرم

جدول ۴-۵۳- نتایج آزمایش دوم جهت بهینه سازی غلظت سیانور در pH ۱۰/۶ (نتایج آزمایشگاه کرج)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۱/۹۳	۹۰/۳۱	۷۷/۰۴	۲/۰۸	۰/۰۰۲۰۸	۰/۰۰۰۹۵	۲۱۹۵	محلول اول
۰/۳۳		۱۳/۳۳	۰/۳۶	۰/۰۰۰۳۶	۰/۰۰۰۰۹۴	۳۸۳۵	محلول دوم
۰/۲۴	۹/۶۳		۰/۲۶	۰/۰۰۰۲۶	۰/۰۰۰۲۶	۱۰۰۴	جامد (باطله)
۲/۵	۱۰۰		۲/۷	۰/۰۰۲۷	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۰۶۷٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۸۳٪)

جدول ۴-۵۴- نتایج آزمایش دوم جهت بهینه سازی غلظت سیانور در pH ۱۰/۶ (نتایج آزمایشگاه شیمی)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۱/۹۹	۹۰/۴۷	۷۹/۵۲	۱/۶۷	۰/۰۰۱۶۷	۰/۰۰۰۷۶	۲۱۹۵	محلول اول
۰/۲۷		۱۰/۹۵	۰/۲۳	۰/۰۰۰۲۳	۰/۰۰۰۰۶	۳۸۳۵	محلول دوم
۰/۲۴	۹/۵۲		۰/۲	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۲	۱۰۰۴	جامد (باطله)
۲/۵	۱۰۰		۲/۱	۰/۰۰۲۱	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۰۶۷٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۸۳٪)

۴-۳-۱۱-۳- آزمایش سوم

- غلظت سیانور: ۶ گرم

- آهک مصرفی: ۲ گرم

جدول ۴-۵۵- نتایج آزمایش سوم جهت بهینه سازی غلظت سیانور در pH ۱۰/۶ (نتایج آزمایشگاه کرج)

طلا			محتوی در محصول (گرم)	عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)					
عیار (gr/t)							
۱/۸۷	۹۴/۰	۷۴/۵۸	۲/۶۴	۰/۰۰۲۶۴	۰/۰۰۱۲۳	۲۱۵۰	محلول اول
۰/۴۹		۱۹/۴۹	۰/۶۹	۰/۰۰۰۶۹	۰/۰۰۰۱۹	۳۶۴۰	محلول دوم
۰/۱۵	۵/۹۳		۰/۲۱	۰/۰۰۰۲۱	۰/۰۰۰۲۱	۱۰۰۳/۲	جامد (باطله)
۲/۵۱	۱۰۰		۳/۵۴	۰/۰۰۳۵۴	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۱۲٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۸٪)

جدول ۴-۵۶- نتایج آزمایش سوم جهت بهینه سازی غلظت سیانور در pH ۱۰/۶ (نتایج آزمایشگاه شیمی)

طلا			محتوی در محصول (گرم)	عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)					
عیار (gr/t)							
۱/۹۵	۹۲/۰	۷۸/۴۹	۲/۰۸	۰/۰۰۲۰۸	۰/۰۰۰۹۷	۲۱۵۰	محلول اول
۰/۳۴		۱۳/۵۸	۰/۳۶	۰/۰۰۰۳۶	۰/۰۰۰۰۱	۳۶۴۰	محلول دوم
۰/۲۰	۷/۹۲		۰/۲۱	۰/۰۰۰۲۱	۰/۰۰۰۲۱	۱۰۰۳/۲	جامد (باطله)
۲/۴۹	۱۰۰		۲/۶۵	۰/۰۰۲۶۵	---	---	جمع

(سیانور آزاد: ۰/۱۲٪ و سیانور مصرفی: ۰/۱۸٪)

نتیجه گیری

با توجه به داده‌های بدست آمده از آزمایشگاه شیمی، بازیابی ۹۰/۸۱، ۹۰/۳۷ و ۹۲/۰۷ درصد برای ۴، ۵ و ۶ گرم سیانور بدست آمد. ولی با توجه به اینکه مقدار سیانور آزاد استاندارد در محیط انحلال باید بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ پی پی ام باشد لذا مقدار ۵ گرم یا به عبارتی ۲۵۰۰ پی پی ام مقدار غلظت بهینه انتخاب گردید.

۴-۳-۱۲- آزمایش‌های مربوط به زمان

هدف: بررسی تغییرات سیانور آزاد محیط انحلال در طول آزمایش دو آزمایش یکسان جهت بررسی تکرارپذیری با شرایط زیر انجام شد.

- وزن ماده: ۲/۵ کیلوگرم

- آب: ۳/۷۵ لیتر

- درصد جامد: ۴۰ درصد

- خردایش: ۵۵ دقیقه

- دور موتور: ۴۰۰ دور در دقیقه

- مقدار آهک مصرفی: ۳/۷ گرم

- pH: ۱۰/۶

- غلظت سیانور در محلول: ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام

۴-۳-۱- آزمایش اول

جدول ۴-۵۷- نتایج مربوط به سیانور مصرف شده

سیانور اضافه شده (گرم)	سیانور مورد نیاز (پی‌پی‌ام)	سیانور آزاد (پی‌پی‌ام)	زمان (ساعت)
۳/۷	---	---	۰
۳	۸۳۰	۱۷۰	۲
۱/۹	۵۰۰	۵۰۰	۴
۰/۸	۲۲۰	۷۸۰	۶
۰/۷	۲۰۰	۸۰۰	۸
۰/۶	۱۵۰	۸۵۰	۱۲
۰/۷	۲۰۰	۸۰۰	۲۴
۰/۹	۲۵۰	۷۵۰	۳۶
	۱۰۰	۹۰۰	۴۸
۱۲/۳	مجموع سیانور اضافه شده (گرم)		

جدول ۴-۵۸- نتایج آزمایش اول پس از انحلال به مدت ۴۸ ساعت (نتایج آزمایشگاه شیمی)

طلا			عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول		
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)				محتوی در محصول (گرم)	
عیار (gr/t)							
۴/۵۴	۱۱/۶۳	۷۲/۶۷	۳/۵۱	۰/۰۰۳۵۱	۰/۰۰۰۸۳	۴۲۳۰	محلول اول
۰/۸۴		۱۳/۴۶	۰/۶۵	۰/۰۰۰۶۵	۰/۰۰۰۱۷	۳۸۵۰	محلول دوم
۰/۸۶	۱۳/۸۷		۰/۶۷	۰/۰۰۰۶۷	۰/۰۰۰۲۷	۲۴۷۴/۴	جامد (باطله)
۶/۲۴	۱۰۰		۴/۸۳	۰/۰۰۴۸۳	---	---	جمع

جدول ۴-۵۹- نتایج آزمایش اول پس از انحلال به مدت ۴۸ ساعت (نتایج آزمایشگاه کرج)

طلا			عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول		
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)				محتوی در محصول (گرم)	
عیار (gr/t)							
۵/۱۹	۹/۱۱۳	۸۲/۸۹	۴/۳۶	۰/۰۰۴۳۶	۰/۰۰۱۰۳	۴۲۳۰	محلول اول
۰/۵۵		۸/۷۴	۰/۴۶	۰/۰۰۰۴۶	۰/۰۰۰۱۲	۳۸۵۰	محلول دوم
۰/۵۲	۸/۳۷		۰/۴۴	۰/۰۰۰۴۴	۰/۰۰۰۱۸	۲۴۷۴/۴	جامد (باطله)
۶/۲۶	۱۰۰		۵/۲۶	۰/۰۰۵۲۶	---	---	جمع

۴-۳-۱۲-۲- آزمایش دوم

جدول ۴-۶۰- نتایج مربوط به سیانور مصرف شده

زمان (ساعت)	سیانور آزاد (پی پی ام)	سیانور مورد نیاز (پی پی ام)	سیانور اضافه شده (گرم)
۰	---	---	۳/۷
۲	۱۷۰	۸۳۰	۳
۴	۵۵۰	۴۵۰	۱/۷
۶	۸۰۰	۲۰۰	۰/۷
۸	۸۰۰	۲۰۰	۰/۷
۱۲	۸۳۰	۱۷۰	۰/۶
۲۴	۶۵۰	۳۵۰	۱/۳
۳۶	۷۵۰	۲۵۰	۰/۹
۴۸	۸۷۰	۱۳۰	
مجموع سیانور اضافه شده (گرم)			۱۲/۶

جدول ۴-۶۱- نتایج آزمایش دوم پس از انحلال به مدت ۴۸ ساعت (نتایج آزمایشگاه شیمی)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۴/۴۸	۸۴/۶۷	۷۱/۷۱	۳/۳۲	۰/۰۰۳۳۲	۰/۰۰۰۸۱	۴۱۰۰	محلول اول
۰/۸۱		۱۲/۹۶	۰/۶	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۱۶	۳۷۸۰	محلول دوم
۰/۹۶		۱۵/۳۳	۰/۷۱	۰/۰۰۰۷۱	۰/۰۰۰۲۹	۲۴۶۳/۵	جامد (باطله)
۶/۲۵		۱۰۰	۴/۶۳	۰/۰۰۴۶۳	---	---	جمع

جدول ۴-۶۲- نتایج آزمایش دوم پس از انحلال به مدت ۴۸ ساعت (نتایج آزمایشگاه کرج)

طلا			عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول
تصحیح شده	بازیابی	محتوی در محصول (گرم)			
عیار (gr/t)	(%)	عیار (gr/t)			
۴/۹۷	۷۹/۷۶	۳/۹۸	۰/۰۰۳۹۸	۰/۰۰۰۹۷	محلول اول ۴۱۰۰
۰/۶۱	۹/۸۲	۰/۴۹	۰/۰۰۰۴۹	۰/۰۰۰۱۳	محلول دوم ۳۷۸۰
۰/۶۵	۱۰/۴۲	۰/۵۲	۰/۰۰۰۵۲	۰/۰۰۰۲۱	جامد (باطله) ۲۴۶۳/۵
۶/۲۳	۱۰۰	۴/۹۹	۰/۰۰۴۹۹	---	جمع

نتیجه‌گیری

با توجه به جدول ۴-۵۷ و ۴-۶۰، مقدار سیانور آزاد محیط در ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام ثابت نگه داشته شد. در اینحالت به ازای ۲/۵ کیلوگرم نمونه حدود ۱۲/۵ گرم سیانور به واکنش اضافه شد. با توجه به نتایج بدست آمده بعد از ۴۸ ساعت واکنش، بازیابی حدود ۹۰ درصد برای طلا بدست آمد.

۴-۳-۱۳- آزمایش‌های لیچینگ حوضچه‌ای ثابت

هدف: بررسی استحصال طلا با استفاده از روش انحلال حوضچه‌ای
دو آزمایش یکسان جهت بررسی تکرارپذیری با شرایط زیر انجام شد.

۴-۳-۱۳-۱- آزمایش اول

- وزن ماده: ۱۰ کیلوگرم
- آب: ۷ لیتر
- محلول خروجی: ۵ لیتر
- خردایش: زیر ۷ مش
- مقدار آهک مصرفی: ۱۴/۱ گرم
- مقدار سیانور مصرفی: ۴۲/۶ گرم
- زمان: ۱۵ روز
- pH: ۱۰/۶
- غلظت سیانور در محلول: ۱۵۰۰ پی‌پی‌ام

جدول ۴-۶۳- نتایج آزمایش اول در مورد انحلال حوضچه‌ای (نتایج آزمایشگاه شیمی)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)			
عیار (gr/t)						
۱۲/۹۰	۱۸/۶۵	۵۱/۶۳	۷/۵۹	۰/۰۰۷۵۹	۰/۰۰۱۵۵	محلول اول
۳/۵۳		۱۴/۰۸	۲/۰۷	۰/۰۰۲۰۷	۰/۰۰۰۴۲	۴۹۲۵
۸/۵۷	۳۴/۲۹		۵/۰۴	۰/۰۰۵۰۴	۰/۰۰۰۵۲	جامد (باطله)
۲۵	۱۰۰		۱۴/۷	۰/۰۱۴۷	---	جمع

جدول ۴-۶۴- نتایج آزمایش اول در مورد انحلال حوضچه‌ای (نتایج آزمایشگاه کرج)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)			
عیار (gr/t)						
۱۵/۴۷	۷۱/۶۵	۶۱/۸۸	۱۰/۷۸	۰/۰۰۱۰۷۸	۰/۰۰۲۲	محلول اول
۳/۸۲		۹/۷۷	۲/۶۶	۰/۰۰۲۶۶	۰/۰۰۰۵۴	۴۹۲۵
۵/۷۱	۲۲/۸۵		۳/۹۸	۰/۰۰۳۹۸	۰/۰۰۰۴۱	جامد (باطله)
۲۵	۱۰۰		۱۷/۴۲	۰/۰۰۱۷۴۲	---	جمع

۴-۳-۱۳-۲- آزمایش دوم

- وزن ماده: ۱۰ کیلوگرم
- آب: ۷ لیتر
- محلول خروجی: ۵ لیتر
- خردایش: زیر ۷ مش
- مقدار آهک مصرفی: ۱۳/۵ گرم
- مقدار سیانور مصرفی: ۴۲/۹ گرم
- زمان: ۱۵ روز
- pH: ۱۰/۶
- غلظت سیانور در محلول: ۱۵۰۰ پی پی ام

جدول ۴-۶۵- نتایج آزمایش دوم در مورد انحلال حوضچه‌ای (نتایج آزمایشگاه شیمی)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۱۰/۳۵	۷۶/۶۵	۴۱/۳۹	۸/۶۳	۰/۰۰۸۶۳	۰/۰۰۱۷۸	۴۸۵۰	محلول اول
۳/۹		۱۵/۵۹	۳/۲۵	۰/۰۰۳۲۵	۰/۰۰۰۶۵	۵۰۰۰	محلول دوم
۱۰/۷۵	۴۳/۰۲		۸/۹۷	۰/۰۰۸۹۷	۰/۰۰۰۹۲	۹۷۵۰	جامد (باطله)
۲۵	۱۰۰		۲۰/۸۵	۰/۰۲۰۸۵	---	---	جمع

جدول ۴-۶۶- نتایج آزمایش دوم در مورد انحلال حوضچه‌ای (نتایج آزمایشگاه کرج)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۱۴/۳۶	۹۶	۵۷/۴۵	۲۳/۷۶	۰/۰۰۲۳۷۶	۰/۰۰۴۹	۴۸۵۰	محلول اول
۲/۳۹		۹/۵۵	۳/۹۵	۰/۰۰۳۹۵	۰/۰۰۰۷۹	۵۰۰۰	محلول دوم
۸/۲۵	۳۳		۱۳/۶۵	۰/۰۰۱۳۶۵	۰/۰۰۱۴	۹۷۵۰	جامد (باطله)
۲۵	۱۰۰		۴۱/۳۶	۰/۰۰۴۱۳۶	---	---	جمع

نتیجه‌گیری

آزمایش پس از ۱۵ روز و به دلیل مصرف نشدن سیانور به اتمام رسید. با توجه به داده‌های بدست آمده، با روش انحلال حوضچه‌ای بازیابی حدود ۶۵ درصد برای طلا بدست آمد.

۴-۳-۱۴- آزمایش نهایی

هدف: بررسی تکرار پذیری آزمایش‌های انجام شده در شرایط بهینه

شرایط آزمایش

- زمان: ۲۴ ساعت

- وزن: ۱ کیلوگرم

- آب: ۲ لیتر
 - درصد جامد: ۳۳ درصد
 - خردایش: ۵۵ دقیقه
 - وزن سیانور: ۵ گرم (بر اساس آزمایش تیتراسیون و آزمایش های تکمیلی غلظت سیانور)
 - دور موتور: ۴۰۰ دور در دقیقه
 - pH: ۱۰/۶
 - سیانور آزاد: ۸۰۰ پی پی ام
 - آهک مصرفی: ۱/۱ گرم

جدول ۴-۶۷- نتایج آزمایش نهایی سیانوراسیون (نتایج آزمایشگاه شیمی)

طلا			محتوی در محصول (گرم)	عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/سی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)					
عیار (gr/t)							
۱/۸۳	۱۷/۱۶	۷۳/۴۵	۲/۷۶۶	۰/۰۰۲۷۶۶	۰/۰۰۱۲	۲۳۰۵	محلول اول
۰/۴۸		۱۹/۳۸	۰/۷۳	۰/۰۰۰۷۳	۰/۰۰۰۱۷۵	۴۱۸۵	محلول دوم
۰/۱۸	۷/۱۷		۰/۲۷	۰/۰۰۰۲۷	۰/۰۰۰۲۷	۹۹۱/۸	جامد (باطله)
۲/۴۹	۱۰۰		۳/۷۶۶	۰/۰۰۳۷۶۶	---	---	جمع

جدول ۴-۶۸- نتایج آزمایش نهایی سیانوراسیون (نتایج آزمایشگاه شیمی)

نقره			محتوی در محصول (گرم)	عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/سی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)					
عیار (gr/t)							
۱۴۵/۰۱	۹۳/۵۵	۹۰/۶۱	۱۵۳/۲۸	۰/۱۵۳۲۸	۰/۰۶۶۵	۲۳۰۵	محلول اول
۴/۷۱		۲/۹۴	۴/۹۸	۰/۰۰۴۹۸	۰/۰۰۱۱۹	۴۱۸۵	محلول دوم
۱۰/۳۱	۶/۴۵		۱۰/۹۱	۰/۰۱۰۹۱	۰/۰۱۱	۹۹۱/۸	جامد (باطله)
۱۶۰/۰۳	۱۰۰		۱۶۹/۱۷	۰/۱۶۹۱۷	---	---	جمع

جدول ۴-۶۹- نتایج آزمایش نهایی سیانوراسیون (نتایج آزمایشگاه کرج)

طلا			عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)	(%)	عیار (gr/t)				
۱/۹۰	۷۵/۹۵	۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱۳۰	۲۳۰۵	محلول اول
۰/۴۵	۱۷/۹۷	۰/۷۱	۰/۰۰۰۷۱	۰/۰۰۰۱۷	۴۱۸۵	محلول دوم
۰/۱۵	۶/۰۸	۰/۲۴	۰/۰۰۰۲۴	۰/۰۰۰۲۴	۹۹۱/۸	جامد (باطله)
۲/۵	۱۰۰	۳/۹۵	۰/۰۰۳۹۵	---	---	جمع

نتیجه‌گیری

با انتخاب شرایط بهینه، بازیابی ۹۲/۸۳ و ۹۳/۹۲ درصد بازیابی طلا با توجه به نتایج بدست آمده از آزمایشگاه شیمی تهران و کرج بدست آمد. همچنین ۹۳/۵۵ درصد بازیابی نقره در این آزمایش بدست آمد که قابل توجه می‌باشد.

۴-۳-۱۵- انحلال طلا با استفاده از تیواوره (جایگزین سیانور)

پس از بررسی‌های انجام شده، مشخص شد سیانور تاثیر مخربی بر روی محیط زیست داشته بطوریکه مقدار کمی از آن باعث آلودگی محیط زیست و در نتیجه موجب از بین رفتن جانوران و گیاهان مختلف می‌شود. لذا دانشمندان در جستجوی مواد دیگری برای جانشینی سیانور بودند بطوریکه قدرت استخراج طلا در آن مشابه سیانور باشد.

مواد مختلفی می‌تواند جایگزین سیانور در استخراج طلا از ماده معدنی باشد که از آن جمله می‌توان به:

- تیواوره (Thiourea)
- تیوسولفات (Thiosulphate)
- تیوسیانات (Thiocyanate)
- هالوژن‌ها (Bromine & Iodine)

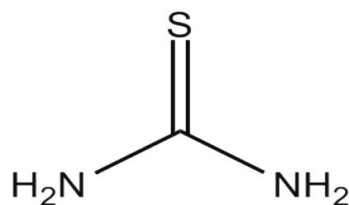
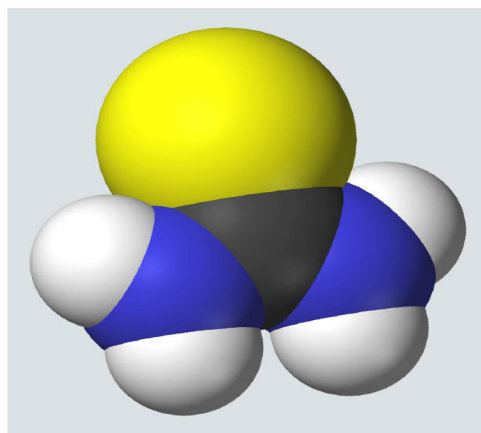
اشاره کرد. هرکدام از این مواد در شرایط ویژه‌ای قابل استفاده بوده و دارای جنبه‌های مثبت و منفی می‌باشند. ولی با توجه به ویژگی‌هایی که تیواوره در استخراج طلا دارد باعث شده محققان بر روی این ماده بررسی‌های مختلفی را انجام دهند. از ویژگی‌های تیواوره می‌توان به:

- قابلیت بازیابی بالا
- انتخابی بودن فرآیند
- سمی نبودن

اشاره کرد که وجه تمایز تیواوره با سیانور می باشد. همچنین گرانی تیواوره و بازیابی پائینتر از سیانور می تواند جنبه منفی استفاده از تیواوره باشد.

مهمترین ویژگی تیواوره انتخابی بودن فرآیند استحصال طلا می باشد بطوریکه تیواوره به کانی های سولفوری از جمله آرسنوپیریت، پیریت و غیره و عناصر فلزی از قبیل سرب و روی و آرسنیک تمایل بسیار کمتری نسبت به سیانور دارد.

تیواوره با فرمول $CS(NH_2)_2$ یک ترکیب آلی بوده که اتم کربن در هسته و دارای سه شاخه می باشد که متشکل از یک شاخه S و دو شاخه NH_2 است. در شکل ۴-۶ نمایی از فرمول و شکل اتمی تیواوره ارائه شده است.



شکل ۴-۶- فرمول و شکل اتمی تیواوره

شرایط استحصال طلا در تیواوره در بندهای زیر ارائه شده است:

- انحلال طلا در تیواوره از فرمول زیر تبعیت می کند. و بصورت کاتیونیک می باشد.



- دانه بندی نمونه مشابه آزمایش سیانوراسیون بوده و ۹۰ درصد زیر ۷۵ میکرون (۲۰۰ مش) می باشد. در بعضی موارد ۳۸ میکرون نیز استفاده شده است.

- انحلال طلا در تیواوره در شرایط اسیدی صورت می گیرد. بطوریکه pH محیط باید بین ۱-۲ باشد. این امر با استفاده از اسید سولفوریک تامین می شود.

- دور همزن ۳۰۰-۴۰۰ دور در دقیقه می باشد.

- زمان لیچینگ ۵-۶ ساعت است.
- $Fe_2(SO_4)_3$ به عنوان اکسید کننده استفاده می شود بطوریکه Eh محیط در بازه ۳۷۰-۴۲۰ میلی ولت قرار گیرد.
- دما و فشار آزمایش در حد محیط طبیعی بوده ولی تغییرات آنها در انحلال تاثیرگذار است.
- آب دی‌یونیزه در تمام آزمایش ها استفاده شود.
- دانسیته پالپ مشابه آزمایش سیانوراسیون ۲۰-۴۰ درصد می باشد.

به طور مثال آزمایش تیواوره بر روی نمونه‌ای با عیار ۴ گرم بر تن طلا و ۳ گرم بر تن نقره با کانی شناسی سیلیسی-کربناته انجام شد. بازیابی ۸۰ درصدی با مصرف ۵ گرم بر کیلوگرم تیواوره، ۵ گرم بر کیلوگرم اسید سولفوریک و ۰/۵ گرم بر کیلوگرم سولفات فریک بدست آمد و دیگر شرایط آزمایش مشابه بندهای بالا می باشد.

و در مثالی دیگر با استفاده از ۱۵/۲ کیلوگرم بر تن تیواوره، ۴۶/۲ کیلوگرم بر تن اسید سولفوریک و ۱۴۰/۹ کیلوگرم بر تن سولفات فریک در ۵ ساعت و دانه بندی زیر ۳۸ میکرونی در pH ۱/۵ بازیابی ۷۵٪ بدست آمده است.

*** در حالت کلی پارامترهای تاثیرگذار در استحصال طلا در تیواوره در زیر آورده شده است:

- غلظت تیواوره در محلول (۵-۵۰ گرم بر کیلوگرم)
- pH محیط (۱-۲)
- مقدار سولفات فریک به عنوان اکسیدکننده (۰/۵-۲۰ گرم بر کیلوگرم)
- زمان انحلال (۵-۶ ساعت)
- دانه بندی (۸۰-۹۰ درصد زیر ۷۵ میکرون)
- دمای محیط (۲۰-۶۰ درجه)

۴-۳-۱-۱۵- آزمایش‌های اولیه تیواوره

- هدف: بررسی و تعیین پارامترهای موثر بر انحلال طلا
- دو آزمایش با شرایط زیر انجام شد.
- وزن ماده: ۱ کیلوگرم
 - آب: ۲ لیتر
 - درصد جامد: ۳۳ درصد
 - خردایش: ۵۵ دقیقه
 - دور همزن: ۴۰۰ دور در دقیقه
 - مقدار اسید سولفوریک مصرفی:

* اسید ۱۰٪ / ۱۰۰ سی‌سی

* اسید ۲۰٪ / ۶۰ سی‌سی

pH : ۱/۴-۱/۷

- سولفات آهن: ۵ گرم

- تیواوره: ۱۲ گرم

- زمان: ۶ ساعت

- Na_2SO_3 و $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$: تثبیت کننده

۴-۳-۱۵-۱-۱-آزمایش اول

- Na_2SO_3 : ۱ گرم

- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$: ۱ گرم

جدول ۴-۷۰- نتایج آزمایش اول تیواوره (نتایج آزمایشگاه شیمی)

طلا			محتوی در محصول (گرم)	عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/سی سی	محصول
تصحیح شده عیار (gr/t)	بازیابی (%)	عیار (gr/t)				
۱/۳۵	۷۹/۲۵	۵۳/۹۹	۰/۰۰۲۰۳	۰/۰۰۰۷۶	۲۶۷۰	محلول اول
۰/۶۳		۲۵/۲۶	۰/۰۰۰۹۵	۰/۰۰۰۱۲	۷۹۱۴	محلول دوم
۰/۵۱	۲۰/۷۵	۰/۷۸	۰/۰۰۰۷۸	۰/۰۰۰۰۸	۹۷۰	جامد (باطله)
۲/۴۹	۱۰۰	۳/۷۶	۰/۰۰۳۷۸	---	---	جمع

جدول ۴-۷۱- نتایج آزمایش اول تیواوره (نتایج آزمایشگاه کرج)

طلا			محتوی در محصول (گرم)	عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/سی سی	محصول
تصحیح شده عیار (gr/t)	بازیابی (%)	عیار (gr/t)				
۱/۱۹	۷۸/۲۷	۴۷/۶۸	۰/۰۰۰۷۲	۰/۰۰۰۲۷	۲۶۷۰	محلول اول
۰/۲۶		۱۰/۶۰	۰/۰۰۰۱۶	۰/۰۰۰۰۲	۷۹۱۴	محلول دوم
۱/۰۵	۴۱/۷۲	۰/۶۳	۰/۰۰۰۶۳	۰/۰۰۰۶۵	۹۷۰	جامد (باطله)
۲/۵	۱۰۰	۱/۵۱	۰/۰۰۱۵۱	---	---	جمع

۴-۳-۱۵-۲- آزمایش دوم

جدول ۴-۷۲- نتایج آزمایش دوم تپواوره (نتایج آزمایشگاه شیمی)

طلا			عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/سی سی	محصول		
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)					
عیار (gr/t)			محتوی در محصول (گرم)	محتوی در محصول (گرم)	پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/سی سی	محصول
۱/۲۵	۸۰/۲۸	۵۰/۱۴	۱/۷۸	۰/۰۰۱۷۸	۰/۰۰۰۸	۲۲۲۵	محلول اول
۰/۷۵		۳۰/۱۴	۱/۰۷	۰/۰۰۱۰۷	۰/۰۰۰۱۴	۷۶۶۰	محلول دوم
۰/۴۹	۱۹/۷۲	۰/۷	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۷۲	۹۷۳	جامد (باطله)	
۲/۴۹	۱۰۰	۳/۵۵	۰/۰۰۳۵۵	---	---	جمع	

جدول ۴-۷۳- نتایج آزمایش دوم تپواوره (نتایج آزمایشگاه کرج)

طلا			عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/سی سی	محصول		
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)					
عیار (gr/t)			محتوی در محصول (گرم)	محتوی در محصول (گرم)	پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/سی سی	محصول
۰/۸۳	۵۱/۵	۳۳/۱۳	۰/۵۳	۰/۰۰۰۵۳	۰/۰۰۰۲۴	۲۲۲۵	محلول اول
۰/۲۳		۹/۳۷	۰/۱۵	۰/۰۰۰۱۵	۰/۰۰۰۰۲	۷۶۶۰	محلول دوم
۱/۴۳	۵۷/۵	۰/۹۲	۰/۰۰۰۹۲	۰/۰۰۰۹۵	۹۷۳	جامد (باطله)	
۲/۴۹	۱۰۰	۱/۶	۰/۰۰۱۶	---	---	جمع	

نتیجه‌گیری

با توجه به شرایط آزمایش و نتایج بدست آمده، بازیابی طلا با استفاده از تثبیت کننده ۷۹/۲۵ درصد (آزمایشگاه شیمی تهران) و ۵۸/۲۸ درصد (آزمایشگاه کرج) بدست آمد در صورتیکه بدون استفاده از این تثبیت کننده بازیابی به ۸۰/۲۸ درصد (آزمایشگاه شیمی تهران) و ۴۲/۵ درصد (آزمایشگاه کرج) رسید. اختلاف فاحشی در نتایج آزمایشگاه شیمی تهران و کرج وجود دارد که نتیجه گیری در این زمینه را مشکل ساخته است.

۴-۳-۱۶- آزمایش های تکمیلی تیاوره

هدف: بررسی دقیق پارامترهای موثر بر فرآیند

۹ آزمایش با شرایط زیر انجام شد.

- وزن ماده: ۱ کیلوگرم

- آب: ۲ لیتر

- درصد جامد: ۳۳ درصد

- خردایش: ۵۵ دقیقه

- دور موتور: ۴۰۰ دور در دقیقه

- pH: ۱/۴-۱/۷

- زمان: ۶ ساعت

۴-۳-۱۶-۱- آزمایش اول

- سولفات آهن: ۶ گرم

- تیاوره: ۱۵ گرم

جدول ۴-۷۴- نتایج آزمایش اول تیاوره (نتایج آزمایشگاه شیمی)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/سی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۱/۱۸	۱۱/۳۱ ۶۷/۶	۴۷/۳۰	۱/۱۴	۰/۰۰۱۱۴	۰/۰۰۰۵۰۶	۲۲۶۰	محلول اول
۰/۵۰		۱۹/۹۱	۰/۴۸	۰/۰۰۰۴۸	۰/۰۰۰۱۲	۴۰۰۵	محلول دوم
۰/۸۲	۳۲/۷۹	۰/۷۹	۰/۰۰۰۷۹	۰/۰۰۰۸۰۷	۹۷۴/۹	جامد (باطله)	
۲/۵	۱۰۰	۲/۴۱	۰/۰۰۲۴۱	---	---	جمع	

جدول ۴-۷۵- نتایج آزمایش اول تپواوره (نتایج آزمایشگاه کرج)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۱/۱۲	۷۶/۳۶	۴۴/۸۱	۰/۹۵	۰/۰۰۰۹۵	۰/۰۰۰۴۲	۲۲۶۰	محلول اول
۰/۴۷		۱۸/۸۷	۰/۴	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۱	۴۰۰۵	محلول دوم
۰/۹۱	۳۶/۳۲		۰/۷۷	۰/۰۰۰۷۷	۰/۰۰۰۷۹	۹۷۴/۹	جامد (باطله)
۲/۵	۱۰۰		۲/۱۲	۰/۰۰۲۱۲	---	---	جمع

۴-۳-۱۶-۲- آزمایش دوم

- سولفات آهن: ۳ گرم

- تپواوره: ۱۵ گرم

جدول ۴-۷۶- نتایج آزمایش دوم تپواوره (نتایج آزمایشگاه شیمی)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۱/۳۷	۷۳/۵۱	۵۴/۷۹	۱/۲	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۰۵۳۰	۲۲۷۵	محلول اول
۰/۴۷		۱۸/۷۲	۰/۴۱	۰/۰۰۰۴۱	۰/۰۰۰۱	۴۰۹۵	محلول دوم
۰/۶۶	۲۶/۴۹		۰/۵۸	۰/۰۰۰۵۸	۰/۰۰۰۶	۹۷۲/۴	جامد (باطله)
۲/۵	۱۰۰		۲/۱۹	۰/۰۰۲۱۹	---	---	جمع

جدول ۴-۷۷- نتایج آزمایش دوم تپواوره (نتایج آزمایشگاه کرج)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۰/۸۱	۴۵/۷۵	۳۲/۳۵	۰/۹۹	۰/۰۰۰۹۹	۰/۰۰۰۴۳	۲۲۷۵	محلول اول
۰/۳۳		۱۳/۴۰	۰/۴۱	۰/۰۰۰۴۱	۰/۰۰۰۰۱	۴۰۹۵	محلول دوم
۱/۳۶	۵۴/۲۵		۱/۶۶	۰/۰۰۱۶۶	۰/۰۰۱۷۱	۹۷۲/۴	جامد (باطله)
۲/۵	۱۰۰		۳/۰۶	۰/۰۰۳۰۶	---	---	جمع

۴-۳-۱۶-۳- آزمایش سوم

- سولفات آهن: ۹ گرم

- تپواوره: ۵ گرم

جدول ۴-۷۸- نتایج آزمایش سوم تپواوره (نتایج آزمایشگاه شیمی)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۰/۳۶	۱۷/۵۷	۱۴/۴۹	۰/۳	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۱۳	۲۳۲۵	محلول اول
۰/۰۸		۳/۳۸	۰/۰۷	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰۱۷	۴۱۱۰	محلول دوم
۲/۰۵	۸۲/۱۳		۱/۷	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۱۷۵	۹۷۱/۷	جامد (باطله)
۲/۴۹	۱۰۰		۲/۰۷	۰/۰۰۲۰۷	---	---	جمع

جدول ۴-۷۹- نتایج آزمایش سوم تپواوره (نتایج آزمایشگاه کرج)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۰/۲۴	۲۶/۷	۹/۶۲	۰/۲۳	۰/۰۰۰۲۳	۰/۰۰۰۱	۲۳۲۵	محلول اول
۰/۴۳		۱۷/۱۵	۰/۴۱	۰/۰۰۰۴۱	۰/۰۰۰۱	۴۱۱۰	محلول دوم
۱/۸۳	۷۳/۲۳		۱/۷۵	۰/۰۰۱۷۵	۰/۰۰۱۸	۹۷۱/۷	جامد (باطله)
۲/۵	۱۰۰		۲/۳۹	۰/۰۰۲۳۹	---	---	جمع

۴-۳-۱۶-۴- آزمایش چهارم

- سولفات آهن: ۹ گرم

- تپواوره: ۱۵ گرم

جدول ۴-۸۰- نتایج آزمایش چهارم تپواوره (نتایج آزمایشگاه شیمی)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۱/۳۱	۷۱/۴۹	۵۲/۳۴	۱/۲۳	۰/۰۰۱۲۳	۰/۰۰۰۵۴۷	۲۲۵۵	محلول اول
۰/۴۸		۱۹/۱۵	۰/۴۵	۰/۰۰۰۴۵	۰/۰۰۰۱۱	۴۰۹۰	محلول دوم
۰/۷۱	۲۸/۵۱		۰/۶۷	۰/۰۰۰۶۷	۰/۰۰۰۶۸۷	۹۷۱/۶	جامد (باطله)
۲/۵	۱۰۰		۲/۳۵	۰/۰۰۲۳۵	---	---	جمع

جدول ۴-۸۱- نتایج آزمایش چهارم تیاوره (نتایج آزمایشگاه کرج)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۱/۰۵	۱۴۶ ۹۱/۱	۴۱/۹۰	۰/۸۸	۰/۰۰۰۸۸	۰/۰۰۰۳۹	۲۲۵۵	محلول اول
۰/۴۹		۱۹/۵۲	۰/۴۱	۰/۰۰۰۴۱	۰/۰۰۰۱	۴۰۹۰	محلول دوم
۰/۹۶	۳۸/۵۸		۰/۸۱	۰/۰۰۰۸۱	۰/۰۰۰۸۳	۹۷۱/۶	جامد (باطله)
۲/۵	۱۰۰		۲/۱	۰/۰۰۲۱	---	---	جمع

۴-۳-۱۶-۵- آزمایش پنجم

- سولفات آهن: ۹ گرم

- تیاوره: ۱۰ گرم

جدول ۴-۸۲- نتایج آزمایش پنجم تیاوره (نتایج آزمایشگاه شیمی)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۰/۷۷	۷۸ ۴۲/۱	۳۱/۰۲	۰/۵۸	۰/۰۰۰۵۸	۰/۰۰۰۲۸	۲۰۹۰	محلول اول
۰/۲۹		۱۱/۷۶	۰/۲۲	۰/۰۰۰۲۲	۰/۰۰۰۰۵۵	۳۹۷۰	محلول دوم
۱/۴۳	۵۷/۲۲		۱/۰۷	۰/۰۰۱۰۷	۰/۰۰۱۱۱	۹۶۴/۳	جامد (باطله)
۲/۴۹	۱۰۰		۱/۸۷	۰/۰۰۱۸۷	---	---	جمع

جدول ۴-۸۳- نتایج آزمایش پنجم تپواوره (نتایج آزمایشگاه کرج)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۰/۳۶	۳۲/۱۶	۱۴/۵۴	۰/۳۳	۰/۰۰۰۳۳	۰/۰۰۰۱۶	۲۰۹۰	محلول اول
۰/۴۴		۱۷/۶۲	۰/۴۰	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۱	۳۹۷۰	محلول دوم
۱/۶۹	۶۷/۸۴		۱/۵۴	۰/۰۰۱۵۴	۰/۰۰۱۶	۹۶۴/۳	جامد (باطله)
۲/۴۹	۱۰۰		۲/۲۷	۰/۰۰۲۲۷	---	---	جمع

۴-۳-۱۶-۶- آزمایش ششم

- سولفات آهن: ۳ گرم

- تپواوره: ۱۰ گرم

جدول ۴-۸۴- نتایج آزمایش ششم تپواوره (نتایج آزمایشگاه شیمی)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۰/۶۷	۳۹/۳۵	۲۶/۸۵	۰/۵۸	۰/۰۰۰۵۸	۰/۰۰۰۲۸	۲۰۹۰	محلول اول
۰/۳۱		۱۲/۵	۰/۲۷	۰/۰۰۰۲۷	۰/۰۰۰۰۶۶	۴۰۴۵	محلول دوم
۱/۵۲	۶۰/۶۵		۱/۳۱	۰/۰۰۱۳۱	۰/۰۰۱۳۷	۹۶۰	جامد (باطله)
۲/۵	۱۰۰		۲/۱۶	۰/۰۰۲۱۶	---	---	جمع

جدول ۴-۸۵- نتایج آزمایش ششم تپواوره (نتایج آزمایشگاه کرج)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۰/۳۹	۸۳/۳۳	۱۵/۷۷	۰/۳۸	۰/۰۰۰۳۸	۰/۰۰۰۱۸	۲۰۹۰	محلول اول
۰/۴۱		۱۶/۶۰	۰/۴	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۱	۴۰۴۵	محلول دوم
۱/۶۹	۶۷/۶۳		۱/۶۳	۰/۰۰۱۶۳	۰/۰۰۱۷	۹۶۰	جامد (باطله)
۲/۴۹	۱۰۰		۲/۴۱	۰/۰۰۲۴۱	---	---	جمع

۴-۳-۱۶-۷- آزمایش هفتم

- سولفات آهن: ۳ گرم

- تپواوره: ۵ گرم

جدول ۴-۸۶- نتایج آزمایش هفتم تپواوره (نتایج آزمایشگاه شیمی)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۰/۲	۶۳/۱۰	۸/۱۱	۰/۱۸	۰/۰۰۰۱۸	۰/۰۰۰۰۹۵	۱۸۸۵	محلول اول
۰/۰۶		۲/۲۵	۰/۰۵	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۱۲	۳۹۱۵	محلول دوم
۲/۲۴	۸۹/۶۴		۱/۹۹	۰/۰۰۱۹۹	۰/۰۰۲۰۷	۹۶۲	جامد (باطله)
۲/۵	۱۰۰		۲/۲۲	۰/۰۰۲۲۲	---	---	جمع

جدول ۴-۸۷- نتایج آزمایش هفتم تیاوره (نتایج آزمایشگاه کرج)

طلا			عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/سی سی	محصول		
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)				محتوی در محصول (گرم)	
عیار (gr/t)							
۰/۱۵	۱۸/۳۶	۵/۹۷	۰/۱۹	۰/۰۰۰۱۹	۰/۰۰۰۱	۱۸۸۵	محلول اول
۰/۳۱		۱۲/۲۶	۰/۳۹	۰/۰۰۰۳۹	۰/۰۰۰۱	۳۹۱۵	محلول دوم
۲/۰۴	۸۱/۷۷	۲/۶	۰/۰۰۲۶	۰/۰۰۲۷	۹۶۲	جامد (باطله)	
۲/۵	۱۰۰	۳/۱۸	۰/۰۰۳۱۸	---	---	جمع	

۴-۳-۱۶-۸- آزمایش هشتم

- سولفات آهن: ۶ گرم

- تیاوره: ۱۰ گرم

جدول ۴-۸۸- نتایج آزمایش هشتم تیاوره (نتایج آزمایشگاه شیمی)

طلا			عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/سی سی	محصول		
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)				محتوی در محصول (گرم)	
عیار (gr/t)							
۱/۱۳	۵۶/۸۳	۴۵/۳۲	۰/۶۳	۰/۰۰۰۶۳	۰/۰۰۰۳	۲۰۹۵	محلول اول
۰/۲۹		۱۱/۵۱	۰/۱۶	۰/۰۰۰۱۶	۰/۰۰۰۰۴	۳۹۲۵	محلول دوم
۱/۰۸	۴۳/۱۷	۰/۶	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۶۲	۹۶۲/۳	جامد (باطله)	
۲/۵	۱۰۰	۱/۳۹	۰/۰۰۱۳۹	---	---	جمع	

جدول ۴-۸۹- نتایج آزمایش هشتم تیاوره (نتایج آزمایشگاه کرج)

طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۰/۴۵	۶۴/۴۱	۱۷/۸۷	۰/۴۲	۰/۰۰۰۴۲	۰/۰۰۰۲	۲۰۹۵	محلول اول
۰/۴۱		۱۶/۵۹	۰/۳۹	۰/۰۰۰۳۹	۰/۰۰۰۱	۳۹۲۵	محلول دوم
۱/۶۴	۶۵/۵۴		۱/۵۴	۰/۰۰۱۵۴	۰/۰۰۱۶	۹۶۲/۳	جامد (باطله)
۲/۵	۱۰۰		۲/۳۵	۰/۰۰۲۳۵	---	---	جمع

۴-۳-۱۶-۹- آزمایش نهم

- سولفات آهن: ۶ گرم

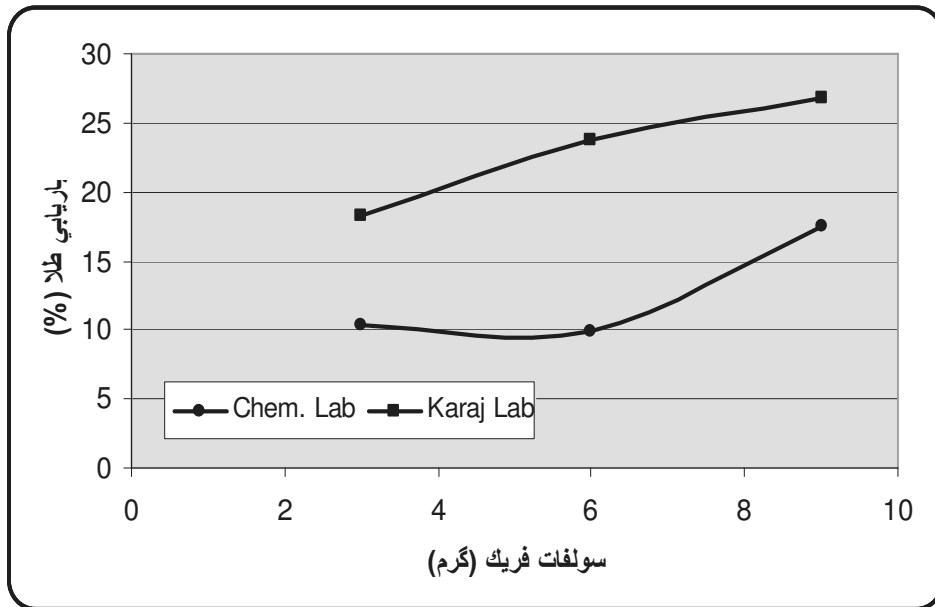
- تیاوره: ۵ گرم

جدول ۴-۹۰- نتایج آزمایش نهم تیاوره (نتایج آزمایشگاه شیمی)

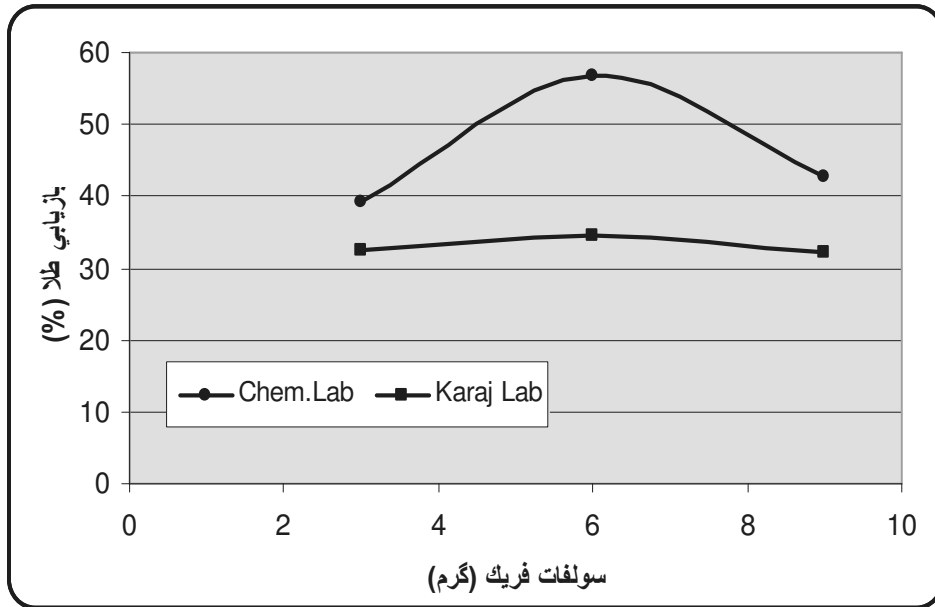
طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول	
تصحیح شده	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)				
عیار (gr/t)							
۰/۲	۷۷/۶	۸/۱۴	۰/۱۴	۰/۰۰۰۱۴	۰/۰۰۰۰۷	۲۰۵۵	محلول اول
۰/۰۴		۱/۷۴	۰/۰۳	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۰۹	۳۸۸۵	محلول دوم
۲/۲۵	۹۰/۱۲		۱/۵۵	۰/۰۰۱۵۵	۰/۰۰۱۶۱	۹۶۵/۷	جامد (باطله)
۲/۴۹	۱۰۰		۱/۷۲	۰/۰۰۱۷۲	---	---	جمع

جدول ۴-۹۱- نتایج آزمایش نهم تپواوره (نتایج آزمایشگاه کرج)

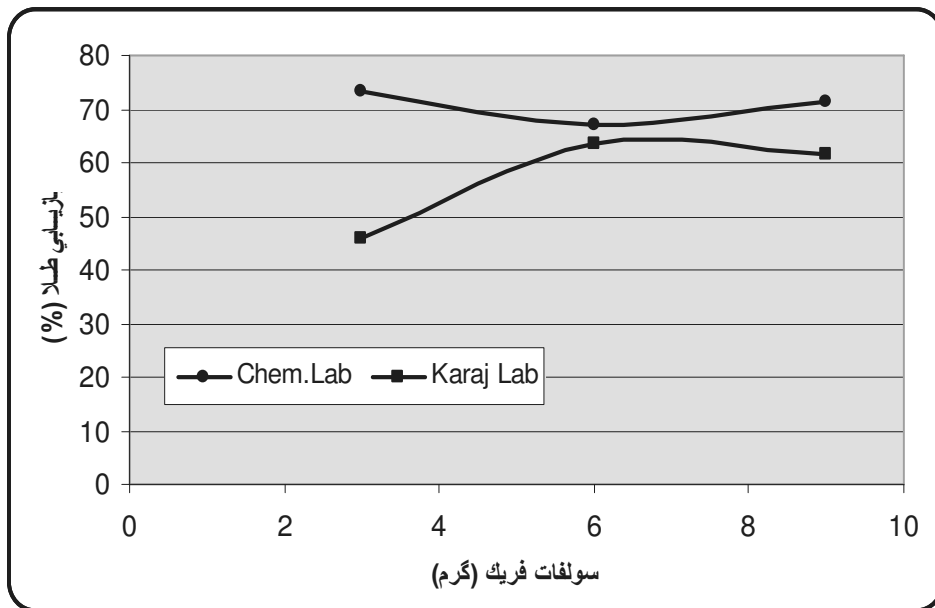
طلا				عیار طلا پی پی ام یا گرم بر لیتر	وزن/حجم گرم/اسی سی	محصول
تصحیح شده عیار (gr/t)	بازیابی (%)	عیار (gr/t)	محتوی در محصول (گرم)			
۰/۲۱	۸/۳	۰/۲۱	۰/۰۰۰۲۱	۰/۰۰۰۱	۲۰۵۵	محلول اول
۰/۳۹	۱۵/۴۱	۰/۳۹	۰/۰۰۰۳۹	۰/۰۰۰۱	۳۸۸۵	محلول دوم
۱/۹	۷۶/۲۹	۱/۹۳	۰/۰۰۱۹۳	۰/۰۰۲	۹۶۵/۷	جامد (باطله)
۲/۵	۱۰۰	۲/۵۳	۰/۰۰۲۵۳	---	---	جمع



شکل ۴-۷- تاثیر مقادیر مختلف سولفات فریک بر بازیابی طلا (۵ گرم تپواوره)



شکل ۴-۸- تاثیر مقادیر مختلف سولفات فریک بر بازیابی طلا (۱۰ گرم تیواوره)



شکل ۴-۹- تاثیر مقادیر مختلف سولفات فریک بر بازیابی طلا (۱۵ گرم تیواوره)

نتیجه‌گیری

۱- در غلظت‌های کم تیواوره (۵ گرم)، تاثیر مقدار سولفات فریک بیشتر مشهود است بطوریکه با افزایش مقدار سولفات فریک از ۳ گرم تا ۹ گرم؛ مقدار بازیابی حدود ۷ درصد افزایش یافته است. این درحالی است که در مقادیر بالای تیواوره، این تغییر متفاوت می‌باشد.

- ۲- با افزایش مقدار تیاوره مصرفی از ۵ گرم تا ۱۵ گرم، مقدار بازیابی بطور محسوسی افزایش پیدا کرده است. بطوریکه با ۱۵ گرم تیاوره، بازیابی طلا به حدود ۷۰ درصد رسیده است.
- ۳- تا حدودی می‌توان گفت برای ۱۰ و ۱۵ گرم تیاوره، مقدار بهینه سولفات فریک ۶ گرم بر کیلوگرم می‌باشد.

فصل پنجم

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۵-۱- نتیجه‌گیری کلی:

۱- مطالعات کانی‌شناسی

با توجه به نمونه‌های سنگی و همچنین نمونه‌های خرد شده و مطالعه مقاطع نازک و صیقلی آنها، این کانسنگ طلا از نوع اکسیده می‌باشد. چراکه قسمت اعظم پیریت‌های موجود در نمونه به اکسید و هیدروکسیدهای آهن (گوتیت و لپیدوکروسیت) تبدیل شده‌اند. با توجه به مطالعات مقاطع نازک، کانی گانگ اصلی اکسید سیلیسیوم (کوارتز) مشاهده شد. نکته قابل توجه حضور مقادیر زیاد نقره در کانسنگ بود. همچنین مقادیر ناچیزی از سولفیدهای فلزی سرب، روی و مس در نمونه مشاهده شد.

۲- مطالعات کانه‌آرایی

۲-۱- آزمایش سیانوراسیون

۲-۱-۱- زمان خردایش

در این آزمایش‌ها دیگر پارامترهای موثر بر فرآیند سیانوراسیون ثابت در نظر گرفته شد که مقادیر آنها به ترتیب غلظت سیانور ۲۵۰۰ ppm، pH برابر ۱۰/۵ و زمان انحلال ۲۴ ساعت در نظر گرفته شد. پس از انجام آزمایش‌های مذکور، زمان خردایش بهینه برای نمونه کانسنگ تعیین شد. بر اساس نتایج حاصل از آزمایش‌ها و محاسبه بازیابی در هر حالت، زمان ۵۵ دقیقه با بازیابی ۸۶/۲۴٪ حاصل شد.

۲-۱-۲- غلظت سیانور

به منظور تعیین غلظت سیانور بهینه برای نمونه طلای مورد بررسی، آزمایش‌های مختلفی تحت غلظت‌های متفاوت سیانور صورت پذیرفت. غلظت‌های سیانور برای نمونه برابر ۲۵۰۰، ۳۵۰۰، ۴۵۰۰، ۵۵۰۰ و ۶۵۰۰ (بر حسب ppm) در نظر گرفته شد. لازم به توضیح است که پارامترهای دیگر در این آزمایش ثابت بودند که شامل زمان خردایش ۵۵ دقیقه (مقدار بهینه حاصل از آزمایش‌های قبلی)، pH برابر ۱۰/۵ و زمان ۲۴ ساعت بود. نتایج حاصل از آنالیزها و محاسبه بازیابی طلا در هر حالت، دلالت بر آن داشتند که غلظت بهینه سیانیدسدیم برابر ۲۵۰۰ ppm می‌باشد.

با توجه به داده‌های بدست آمده، مشخص گردید با افزایش غلظت سیانور از ۲۵۰۰ تا ۶۵۰۰ ppm، مقدار سیانور آزاد محیط افزایش یافت و بازیابی روند افزایش خود را حفظ کرد. به طوری که مقادیر ۸۸/۳۱٪ به ۸۹/۹۲٪ در نمونه دوم رسید. البته با توجه به مقدار لازم سیانور آزاد در محیط (بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ ppm)، و بازیابی‌های قابل قبول (بالاتر از ۸۸ درصد)، مقادیر ۲۵۰۰ ppm انتخاب شد.

۲-۱-۳- pH محیط

مقادیر بهینه زمان خردایش و غلظت سیانور در تعیین مقدار pH بهینه محیط به کار گرفته شدند. به منظور تعیین pH بهینه، آزمایش‌های سیانوراسیون در شرایط فوق‌الذکر و در pHهای حدود ۹/۵، ۱۰، ۱۰/۵، ۱۱ و ۱۲ انجام شد. مقادیر بازیابی در pHهای متفاوت، pH برابر با ۱۰/۵ با بازیابی ۹۲/۵٪ به دست آمد. در ضمن زمان سیانوراسیون برای این دسته از آزمایش‌ها، ۲۴ ساعت در نظر گرفته شد.

۲-۱-۴- زمان سیانوراسیون

به منظور بررسی پارامتر زمان در فرآیند سیانوراسیون، آزمایش ۴۸ ساعته بر روی نمونه طلا دار صورت پذیرفت. در این آزمایش در زمان‌های مختلف از پالپ لیچینگ نمونه‌برداری شد. پس از انجام فیلتراسیون (توسط فیلتر خلا) و حاصل شدن محلول شفاف، یک نمونه ۱۰ میلی‌لیتری برای تعیین مقدار سیانور آزاد و یک نمونه ۳۰ میلی‌لیتری برای آنالیز مقدار طلای محلول، تهیه شد. این عمل در زمان‌های ۲، ۴، ۸، ۱۲، ۲۴، ۳۶ و ۴۸ ساعت انجام شد، با توجه به داده‌های بدست آمده، روند انحلال طلا در ۱۰ ساعت اول انحلال، بیشترین شیب را دارا می‌باشند. بطوریکه بازیابی به حدود ۹۰ درصد رسیده است.

۲-۲- آزمایش لیچینگ حوضچه‌ای

با توجه به مقدار ۲/۵ ppm طلا، آزمایش لیچینگ حوضچه‌ای انجام شد. وزن نمونه مورد استفاده ۱۰ کیلوگرم و در سلولهای ۲۰ لیتری شیشه‌ای با ۷ لیتر آب (درصد جامد ۵۸/۸٪) انجام شد. ابعاد ذرات ریزتر از ۲۸۳۰ میکرون بود. این آزمایش ۱۵ روز به طول انجامید که pH محلول در ۱۰/۵ ثابت نگه داشته شد. همچنین مقدار آهک و سیانور مصرفی به ترتیب ۱۴/۱ و ۴۲/۶ گرم بدست آمد. در طول زمان آزمایش و هر روز محلول به صورت کامل تخلیه و جهت تعیین مقدار سیانور آزاد و مقدار pH نمونه‌گیری شد، که پس از تعیین این دو پارامتر، مقداری آهک و سیانور به محلول اضافه شد تا pH محلول در ۱۰/۵ و سیانور آزاد محلول ۱۵۰۰ ppm ثابت بماند. با توجه به مصرف اندک سیانور پس از ۱۵ روز آزمایش متوقف و نمونه محلول و جامد مورد آنالیز قرار گرفت. نتایج آن دلالت بر ۶۴/۳۳ درصد میانگین بازیابی دارد.

۲-۳- آزمایش تیواوره

۲-۳-۱- در غلظتهای کم تیواوره (۵ گرم)، تاثیر مقدار سولفات فریک بیشتر مشهود است بطوریکه با افزایش مقدار سولفات فریک از ۳ گرم تا ۹ گرم، مقدار بازیابی حدود ۷ درصد افزایش یافته است. این درحالی است که در مقادیر بالای تیواوره، این تغییر متفاوت می‌باشد.

۲-۳-۲- با افزایش مقدار تیواوره مصرفی از ۵ گرم تا ۱۵ گرم، مقدار بازیابی بطور محسوسی افزایش پیدا کرده است. بطوریکه با ۱۵ گرم تیواوره، بازیابی طلا به حدود ۷۰ درصد رسیده است.

۵-۲- پیشنهادات:

۵-۲-۱- جهت مطالعه دقیق کانی‌شناسی فرآیند، استفاده از روشهای دقیقتر از جمله SEM توصیه می‌شود.

۵-۲-۲- با توجه به اینکه نیاز استفاده از جایگزینهای سیانور بدلیل مسائل زیست محیطی احساس می‌شود لذا مطالعات دقیقی بر روی این روشها باید انجام گیرد تا پارامترهای موثر بر فرآیند مشخص شود.

۵-۲-۳- مطالعات دقیقتری بر روی استحصال نقره و شرایط موثر بر آن باید انجام گیرد.

۵-۲-۴- در صورت اقتصادی بودن پروژه، انجام آزمایش نیمه‌صنعتی نتایج خوبی را بدنبال خواهد داشت.

منابع و مراجع

[1] internet, <http://www.ngdir.ir>

[2] internet, <http://goldprice.org/>

[۳] موقر خانقاه, یاشا. بررسی اجمالی محدوده امید بخش طلا و مس دارلا طلا, سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور, بهار ۱۳۸۶.

[۴] اولیازاده, منوچهر. "هیدرومتالورژی" جزوه درسی دانشکده فنی دانشگاه تهران, سال ۱۳۷۷.

[5] internet, <http://www.knelson.com>

[6] http://www.e-goldprospecting.com/html/gravity_concentration.html

[۷] محمودی, عباس. مطالعات سیستماتیک فرآوری کانسنگ طلای ارغش با هدف طراحی خط تولید, پایان نامه کارشناسی ارشد, دانشکده فنی دانشگاه تهران, ۱۳۸۳.

[8] http://www.ac.wvu.edu/~gmyers/essa/cyanide_leach.html

[9] <http://vinithbejugamchemicalengineering.blogspot.com/>

[10] <http://www.yukon-nevadagold.com/s/JerrittCanyon.asp>

[11] http://www.e-goldprospecting.com/html/gold_leaching.html

[12] http://vcm.ukg.kz/eng/v3_4.htm

[13] [http://www.cmis.csiro.au/cfd/gf_movies/GF_Mineral_Processing / GF_Mineral_Processing_Stirred_Mill.htm](http://www.cmis.csiro.au/cfd/gf_movies/GF_Mineral_Processing/GF_Mineral_Processing_Stirred_Mill.htm)