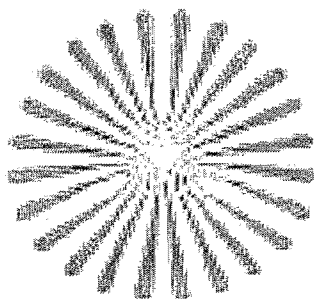


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

۸۷/۱۱۰۷۶۷۴  
۸۸/۱۲۲



## دانشگاه پیام نور

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته: شیمی معدنی

دانشکده: علوم

گروه علمی: شیمی

عنوان پایان نامه:

مطالعه امکان سنجی افزایش راندمان طلا و نقره

در کارخانه فراوری طلای آقدرد تکاب

اساتید راهنما:

دکتر علی مرسلی و دکتر محمود پایقدر

استاد مشاور:

مهندس علی غفاری

نگارش:

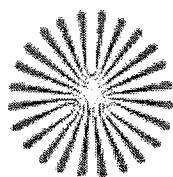
امیر شادروان

تیر ۸۷

۱۰۹۸۵۰

کتابخانه اساتید راهنما و مشاور  
تاریخ ثبت کتاب

۱۳۸۸ / ۱ / ۱۸



دانشگاه پیام نور

دانشکده علوم

گروه شیمی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته ی شیمی گرایش معدنی آقای امیر شادروان تحت عنوان

## مطالعه امکان سنجی افزایش راندمان طلا و نقره در کارخانه فرآوری طلای آق دره تکاب

در تاریخ ۸۷/۴/۲۰ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با نمره ۱۹.۴۰۰ با درجه عالی ..... به تصویب نهایی رسید.

۱- استاد راهنمای اول پایان نامه دکتر علی مرسلی

۲- استاد راهنمای دوم پایان نامه دکتر محمود پایه قدر

۳- استاد داور داخل گروه دکتر فرزین مرندی

۴- نماینده گروه شیمی از سازمان مرکزی دکتر محمد رضا پور هروی

۵- استاد مشاور آقای مهندس علی غفاری

با مرتبه ی علمی دانشیار

با مرتبه ی علمی استادیار

با مرتبه ی علمی استادیار

با مرتبه ی علمی استادیار

با مرتبه علمی مربی

امضا

امضا

امضا

امضا

امضا

## تقدیم به:

- پدر و مادر مهربانم که وجودم برایشان همه رنج بوده و بودنشان برایم همه مهر

- همسر شایسته و دلسوزم که درس اخلاق و شاد زیستن را به من آموخت.

## تشکر و قدردانی

سرانجام با لطف و عنایت خداوند کریم مراحل تحقیق و طبع این پایان نامه به اتمام رسید. بدین منظور بر خود وظیفه می‌دانم تا از کسانی که در این امر مرا یاری نموده‌اند تشکر و قدردانی نمایم.

نخست از آقایان دکتر علی مرسلی و دکتر محمود پایقدر که زحمت هدایت بنده را در خلال تحقیق بر عهده داشتند و در طی این دوره از محضرشان بهره بردم کمال تشکر را می‌نمایم.

همچنین از جناب آقای مهندس علی غفاری که در به ثمر رسیدن این اثر مرا یاری کرده و مشاوره این جانب را بر عهده داشتند تشکر می‌کنم.

از سایر اساتید گروه شیمی دانشگاه پیام نور ابهر، بخصوص آقایان دکتر فرزین مرندی، پرفسور رضایی و دکتر پور هروی که در این دو سال نقش مهم و موثری در رشد فکری و علمی ما داشتند نهایت تشکر را می‌نمایم.

از مسئولان کارخانه فرآوری پویازرکان آق‌دره تکاب، بخصوص مدیر عاملان این کارخانه: آقایان مهندس جمشید نیری و حاج عباس نیری که از هیچ کمکی در این زمینه دریغ نکردند تشکر می‌نمایم. در نهایت از دوستان عزیزم مهندسین: مرتضی درخشان، داود قمری، مهدی صدیق، امیر اسماعیلی، مسعود شبانی، شهرام حیدری، علی جعفری، اکبر امیرخانی، امیر منصوری، یاسر معصومی، مرتضی نیسانی، اسدا... رضاپور و بهمن حضرتی تشکر می‌نمایم.

موفقیت بیشتر همه این عزیزان را از درگاه خداوند منان آرزو مندم.

## چکیده

کارخانه فرآوری طلاي پویازرکان آق‌دره در ۳۲ کیلومتری شمال شهرستان تکاب در استان آذربایجان غربی واقع شده است. کانسنگ خوراک کارخانه حاوی فلزات گرانبهای طلا، نقره و جیوه می‌باشد. در این کارخانه برای بازیابی این فلزات از فرآیند سیانیداسیون به صورت کربن در پالپ استفاده می‌شود. کانسنگ پس از خردایش، همراه آب فرآیند به آسیای نیمه خودشکن می‌رود. مواد آسیا شده پس از طبقه‌بندی توسط هیدروسیکلون‌ها به واحد لیچینگ- جذب وارد می‌شود. پس از انحلال طلا، نقره و جیوه توسط سیانید سدیم، در حضور اکسیژن و در محیطی قلیایی، کمپلکس سیانیدی این فلزات تشکیل، و بر روی کربن فعال جذب سطحی می‌شود. سپس کربن توسط سرنند از پالپ جدا شده، وارد ستون اسیدشویی و جداسازی می‌شود. محلول باردار حاصل از جداسازی برای تولید کنسانتره طلا، نقره و جیوه به واحد سممتاسیون منتقل می‌شود. آب پالپ باطله لیچینگ نیز توسط تیکنر جدا شده و به ابتدای فرآیند برگشت داده می‌شود.

هدف از انجام این تحقیق افزایش بازیابی طلا و نقره در مقیاس غلظت آزمایشگاهی است. پارامترهای موثر از جمله، غلظت سیانید سدیم، pH، درصد جامد در پالپ،  $d_{80}$  کانسنگ، زمان ماند، فعال‌کننده‌ها و دور هم‌زن می‌باشد. در آزمایش‌های اولیه مشخص شد که مواد فعال‌کننده ای مثل نیترات سرب و پرمنگنات پتاسیم در سیانیداسیون طلا و نقره تاثیری کمی دارند. همچنین مشخص شد که با اضافه کردن مقدار معینی از ماده اکسید کننده ای مانند پراکسید هیدروژن تغییر مطلوبی در راندمان استخراج نقره بدست آمد. در شرایط بهینه، بازیابی طلا از ۸۹٪-۸۶ به ۹۲٪/۴۰، بازیابی نقره از ۳۲٪-۲۸ به ۴۵٪/۳۰ افزایش یافت.

**کلمات کلیدی:** کارخانه فرآوری پویازرکان آق‌دره، امکان‌سنجی، سیانیداسیون، طلا، نقره و پراکسید هیدروژن

## فهرست

عنوان..... صفحه

### فصل اول پیشینه تحقیق

- ۱-۱-۱- مقدمه ..... ۲
- ۱-۱-۱-۱- موقعیت جغرافیایی ..... ۲
- ۱-۱-۲- تاریخچه راه اندازی معدن و کارخانه ..... ۲
- ۱-۱-۳- مطالعات اکتشافی ..... ۳
- ۱-۱-۴- استخراج معدن ..... ۳
- ۱-۲- مشخصات خوراک کارخانه ..... ۳
- ۱-۳- توصیف فرآیند ..... ۴
- ۱-۴- طلا ..... ۱۰
- ۱-۴-۱- کانی های طلا ..... ۱۰
- ۱-۴-۲- ذخایر طلای ایران ..... ۱۱
- ۱-۵- نقره ..... ۱۲
- ۱-۵-۱- کانی های مهم نقره ..... ۱۲
- ۱-۵-۲- ذخایر نقره در ایران ..... ۱۴
- ۱-۶- کلیات ..... ۱۴
- ۱-۷- فرآیند سیانیداسیون ..... ۱۶
- ۱-۷-۱- فرآیند سیانیداسیون طلا و نقره ..... ۱۶
- ۱-۷-۲- فرآیند سیانیداسیون کانی های تلوریم ..... ۱۸
- ۱-۸- سیتیک سیانیداسیون طلا ..... ۲۰
- ۱-۹- فرآیندهای سطحی سیانیداسیون طلا ..... ۲۰
- ۱-۱۰- سیتیک سیانیداسیون نقره ..... ۲۱
- ۱-۱۰-۱- سیتیک سیانیداسیون نقره آزاد ..... ۲۱
- ۱-۱۰-۲- اندازه گیری سرعت سیانیداسیون نقره ..... ۲۳
- ۱-۱۰-۳- سیتیک سیانیداسیون سولفید نقره ..... ۲۴
- ۱-۱۰-۳-۱- مطالعات انجام شده ..... ۲۴

۲۵	۱-۱۰-۳-۲ واکنش های سیانیداسیون سولفید نقره
۲۷	۱-۱۱- اثرات متقابل انحلال طلا و نقره
۳۱	۱-۱۲- روش های لیچینگ سیانیدی
۳۳	۱-۱۳- پارامترهای لیچینگ سیانیدی
۳۳	۱-۱۳-۱- غلظت سیانید و اکسیژن
۳۵	۱-۱۳-۲- pH لیچینگ
۳۸	۱-۱۳-۳- خردایش و ابعاد ذرات کانسنگ
۳۹	۱-۱۳-۴- حرارت
۴۰	۱-۱۳-۵- هم زدن پالپ
۴۱	۱-۱۳-۶- زمان ماند
۴۱	۱-۱۳-۷- فعال کننده ها
۴۱	۱-۱۳-۷-۱- اکسید کننده ها
۴۴	۱-۱۳-۷-۲- کاتالیست ها

## فصل دوم عملیات آزمایشگاهی

۴۷	۲-۱- مقدمه
۴۷	۲-۲- نمونه برداری
۴۸	۲-۳- تقسیم کردن نمونه ها
۴۸	۲-۴- تعیین عیار دپوها
۵۱	۲-۵- مخلوط کردن و همگن سازی نمونه ها
۵۲	۲-۶- نمودار $d_{80}$ بر حسب زمان خردایش
۵۳	۲-۷- شناسایی کانسنگ
۵۳	۲-۷-۱- مطالعات XRD و XRF
۵۷	۲-۷-۲- مطالعات مقاطع نازک
۵۷	۲-۷-۳- مطالعات مقاطع صیقلی
۶۲	۲-۸- مواد و روش ها



۶۳	۹-۲- بررسی اولیه روند لیچینگ سیانیدی طلا و نقره.....
۶۶	۱۰-۲- بررسی تاثیر غلظت سیانور بر روی بازیابی نقره.....
۶۷	۱۱-۲- بررسی تاثیر pH بر روی بازیابی طلا و نقره.....
۶۸	۱۲-۲- بررسی تغییر pH بر حسب غلظت سیانور.....
۶۹	۱۳-۲- بررسی تاثیر نترات سرب بر روی بازیابی طلا و نقره.....
۷۰	۱۴-۲- بررسی تاثیر پرمنگنات پتاسیم بر روی بازیابی طلا و نقره.....
۷۱	۱۵-۲- بررسی تاثیر پر اکسید هیدروژن بر روی بازیابی نقره.....
۷۶	۱۶-۲- مقایسه نتایج آزمایشگاهی و خط تولید کارخانه.....

## فصل سوم نتایج و پیشنهادها

۷۸	۱-۳- نتیجه گیری.....
۸۰	۲-۳- پیشنهادها.....
۸۱	فهرست منابع.....
۸۵	پیوست ۱ (روش های آنالیز شیمیایی طلا و نقره).....

## فهرست شکل ها

.....	عنوان.....	صفحه
۷	شکل ۱-۱: فلوشیت مدار خردایش.....	.....
۸	شکل ۲-۱: فلوشیت مدار لیچینگ- جذب.....	.....
۹	شکل ۳-۱: شمای کلی مراحل اسید شویی و بازیابی طلا از سطح کربن.....	.....
۱۹	شکل ۴-۱: دیاگرام Eh-pH برای سیستم Au-Te-CN-H <sub>2</sub> O.....	.....
۱۹	شکل ۵-۱: مثالی از انحلال طلا و تلورید طلا در KCN ۰,۲۵٪.....	.....
۲۱	شکل ۶-۱: شمایی از سطح طلا و مسیرهای مختلف واکنش و کمپلکس های آن در محلول.....	.....
۲۲	شکل ۷-۱: انحلال نقره (I) در محلول های سیانیدی در دمای ۲۵°C.....	.....

- شکل ۸-۱: دیاگرام Eh-pH سیستم Ag-CN-H<sub>2</sub>O در دمای ۲۵°C..... ۲۲
- شکل ۹-۱: منحنی پلاریزاسیون آندی محلول طلائی خالص..... ۲۹
- شکل ۱۰-۱: سرعت لیچینگ اندازه گیری شده طلائی خالص در حضور و غیاب نقره (I)..... ۳۰
- شکل ۱۱-۱: تاثیر غلظت سیانید در انحلال طلا و نقره در محلول اشباع شده از هوا..... ۳۳
- شکل ۱۲-۱: سرعت انحلال نقره در مقادیر مختلف فشار اکسیژن و سیانید در ۲۴ درجه سانتیگراد..... ۳۴
- شکل ۱۳-۱: تاثیر غلظت سیانید بر روی سیانیداسیون مرسوم طلا..... ۳۵
- شکل ۱۴-۱: تاثیر pH بر روی رفتار محلول سیانید هیدروژن..... ۳۶
- شکل ۱۵-۱: تاثیر pH بر روی سرعت انحلال طلا و نقره در محلول سیانیدی..... ۳۶
- شکل ۱۶-۱: تاثیر pH بر روی سیانیداسیون طلا..... ۳۷
- شکل ۱۷-۱: تاثیر کندکنندگی یونهای کلسیم در محیط قلیایی شدید..... ۳۷
- شکل ۱۸-۱: منحنی بازیابی طلا از کانسنگ طلا بر حسب زمان برای گل قرمز و آهک به عنوان تنظیم کننده pH..... ۳۸
- شکل ۱۹-۱: تاثیر حرارت را بر روی سرعت انحلال طلا در ۰.۲۵ KCN..... ۴۰
- شکل ۲۰-۱: تاثیر سرعت هم زدن بر روی سرعت سیانیداسیون طلا..... ۴۰
- شکل ۲۱-۱: بازیابی طلا و نقره بر حسب زمان برای سیانیداسیون و اوزونیزاسیون..... ۴۲
- شکل ۲۲-۱: تاثیر پراکسید هیدروژن بر روی لیچینگ نقره از کانسنگ نقره..... ۴۲
- شکل ۲۳-۱: تاثیر غلظت پرتاسولفات پتاسیم بر روی سیانیداسیون طلا در حضور تالیوم (I)..... ۴۳
- شکل ۲۴-۱: تاثیر افزودن سرب بر روی رفتار پلاریزاسیون آندی طلا در محلول سیانیدی..... ۴۵
- شکل ۲-۱: مراحل مختلف آماده سازی نمونه های دپوها..... ۵۰
- شکل ۲-۲: نمودار d<sub>۸۰</sub> کانسنگ پودر شده بر حسب زمان خردایش در دو حالت ترکیب گلوله ها..... ۵۳
- شکل ۲-۳: نمودار XRD نمونه Feed..... ۵۴
- شکل ۲-۴: نمودار XRD باطله خروجی از تانک ۷..... ۵۵
- شکل ۲-۵: ذره درگیر طلا در قطعات سیلیکاتی..... ۵۷
- شکل ۲-۶: تصاویر مقاطع صیقلی نمونه feed..... ۵۹
- شکل ۲-۷: تصاویر میکروسکوپی ذرات طلا در مقاطع صیقلی از خوراک..... ۶۰
- شکل ۲-۸: تصاویر میکروسکوپی ذرات طلا در مقاطع صیقلی از باطله خروجی تانک ۷..... ۶۱
- شکل ۲-۹: نمودار توزیع ابعادی ذرات طلائی لیچ نشده در باطله تانک ۷..... ۶۲
- شکل ۲-۱۰: روند لیچ سیانیدی طلا بر حسب زمان..... ۶۵
- شکل ۲-۱۱: روند لیچ سیانیدی نقره بر حسب زمان..... ۶۵

- شکل ۲-۱۲: تغییرات pH آزمایش لیچ سیانیدی بر حسب زمان ..... ۶۶
- شکل ۲-۱۳: تغییرات غلظت سیانید سدیم آزاد بر حسب زمان ..... ۶۶
- شکل ۲-۱۴: تاثیر غلظت سیانور بر روی بازیابی نقره ..... ۶۷
- شکل ۲-۱۵: تاثیر pH بر روی بازیابی طلا ..... ۶۸
- شکل ۲-۱۶: تاثیر pH بر روی بازیابی نقره ..... ۶۸
- شکل ۲-۱۷: منحنی تغییر pH بر حسب غلظت سیانور ..... ۶۹
- شکل ۲-۱۸: تاثیر نیترات سرب بر روی بازیابی طلا ..... ۷۰
- شکل ۲-۱۹: تاثیر نیترات سرب بر روی بازیابی نقره ..... ۷۰
- شکل ۲-۲۰: تاثیر پرمنگنات پتاسیم بر روی بازیابی طلا ..... ۷۱
- شکل ۲-۲۱: تاثیر پرمنگنات پتاسیم بر روی بازیابی نقره ..... ۷۱
- شکل ۲-۲۲: تاثیر غلظت آب اکسیژنه بر روی بازیابی نقره ..... ۷۴
- شکل ۲-۲۳: بازیابی نقره با استفاده از تزریق اکسیژن به پالپ ..... ۷۵
- شکل ۲-۲۴: بازیابی نقره بدون استفاده از تزریق اکسیژن به پالپ ..... ۷۵

## فهرست جدول‌ها

- عنوان ..... صفحه
- جدول ۱-۱: مشخصات خوراک ورودی کارخانه ..... ۳
- جدول ۱-۲: مواد مصرفی و کاربرد آنها در مسیر کارخانه طلای پویازرکان آق‌دره ..... ۹
- جدول ۱-۳: ثابت پایداری کمپلکس‌های نقره (I) ..... ۲۱
- جدول ۱-۴: شرایط آزمایش‌های انجام شده برای اندازه‌گیری سرعت سیانیداسیون نقره ..... ۲۴
- جدول ۱-۵: واکنش‌های نقره با سیانید، سولفیت، سولفات و تیوسولفات ..... ۲۶
- جدول ۱-۶: ترکیبات شیمیایی ممکن در طول لیچینگ سولفید نقره با سیانید ..... ۲۷
- جدول ۱-۷: اثر کانی‌های مختلف بر روی بازیابی طلا با سیانید ..... ۳۲
- جدول ۱-۲: عیار فلزات طلا و نقره دیوها ..... ۵۱

- جدول ۲-۲: نتیجه آنالیز جزء نمونه تهیه شده از دپوی پرعیار ..... ۵۱
- جدول ۲-۳: نسبت‌های اختلاط نمونه‌های دپوها ..... ۵۱
- جدول ۲-۴: شرایط و ترکیب گلوله‌های آسیا برای رسم نمودار  $d_{80}$  کانستگ برحسب زمان خردایش... ۵۳
- جدول ۲-۵: نتایج آنالیز XRF نیمه کمی نمونه Feed ..... ۵۴
- جدول ۲-۶: کانی‌شناسی باطله خروجی از تانک ۷ ..... ۵۶
- جدول ۲-۷: شرایط آزمایش‌های بررسی روند لیچینگ سیانیدی طلا و نقره ..... ۶۵
- جدول ۲-۸: مقادیر غلظت سیانور و راندمان نقره ..... ۶۶
- جدول ۲-۹: مقایسه شرایط موجود در خط تولید کارخانه و شرایط آزمایشگاهی ..... ۷۶
- جدول ۲-۱۰: مقایسه بازیابی کارخانه و بازیابی بدست آمده در این تحقیق ..... ۷۶
- جدول ۳-۱: سطوح بهینه عوامل موثر در بازیابی طلا و نقره ..... ۷۹
- جدول ۳-۲: بازیابی پیش‌بینی شده و به دست آمده در شرایط بهینه ..... ۷۹

# فصل اول

پیشینه تحقیق

## ۱-۱-۱-۱-۱-مقدمه

### ۱-۱-۱-۱-۱-موقعیت جغرافیایی

کارخانه طلای پویازرکان آق‌دره در ۳۲ کیلومتری شمال شهرستان تکاب در استان آذربایجان غربی واقع شده است. از نظر موقعیت جغرافیایی این کارخانه در طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۵۸ دقیقه و ۳۰ ثانیه، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۹ دقیقه و ۲۹ ثانیه و در منطقه‌ای به ارتفاع ۱۹۲۶ متر از سطح دریا قرار دارد. دسترسی به کارخانه از طریق جاده تخت سلیمان که از ۵ کیلومتری جاده تکاب-شاهین دژ منشعب می‌شود امکان‌پذیر است. این کارخانه دارای جاده اختصاصی است که از این جاده منشعب می‌شود. از روستاهای اطراف کارخانه می‌توان به روستای شیرمرد در ۴ کیلومتری کارخانه و روستای آق‌دره اشاره کرد. کارخانه آق‌دره در منطقه کوهستانی و مرطوب قرار دارد که از نظر آب و هوایی دارای تابستان‌های معتدل و زمستان‌های سرد می‌باشد. تغییرات درجه حرارت سالانه زیاد بوده و از ۱۵- درجه در فصل زمستان تا ۳۰+ درجه در فصل تابستان متغیر است. نام کارخانه از نام رودخانه آق‌دره در ۲ کیلومتری کارخانه گرفته شده که آب مصرفی کارخانه نیز از این رودخانه تامین می‌شود [۱، ۲].

### ۱-۱-۱-۲- تاریخچه راه‌اندازی معدن و کارخانه

عملیات اکتشافی کانسار آق‌دره در سال ۱۳۷۴ توسط شرکت مینرال زرکان<sup>۱</sup> آغاز شد. پس از اتمام عملیات اکتشاف تفصیلی، عملیات آماده‌سازی و بهره‌برداری از معدن از اوایل سال ۱۳۸۲ توسط شرکت پویازرکان آغاز شد. عملیات نصب و راه‌اندازی کارخانه توسط شرکت کاهنربا در سال ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳ انجام شد [۱]. این کارخانه که توسط شرکت مین پروک<sup>۲</sup> طراحی شده است، به مدت ۷ سال و در منطقه راواس<sup>۳</sup> در کشور اندونزی فعالیت کرده و پس از اتمام ذخیره کانسار در آن کشور، توسط شرکت پویازرکان خریداری شده است به همین خاطر منبع ارجاع داده شده برای مشخصات فنی قطعات و دستگاه‌ها مربوط به شرکت راواس است [۳]. بخش عمده تجهیزات این کارخانه توسط یک شرکت استرالیایی ساخته شده است. لازم به ذکر است که ساخت مخازن لیچینگ و تیکنر توسط شرکت‌های

1 Mineral Zarcan

2 Min. Proc

3 Rawas

داخلی انجام شده است. عملیات انتقال و نصب کارخانه از اندونزی به ایران توسط شرکت کاهنریا صورت گرفته است [۲].

### ۱-۱-۳- مطالعات اکتشافی

مطالعات اکتشافی کانسار در سال ۱۳۷۴ توسط شرکت مینرال زرکان آغاز و در سال ۱۳۸۲ از آن بهره‌برداری شده است. طی مطالعات اکتشافی حدود ۵۰۰۰ گمانه اکتشافی در محدوده اکتشافی به مساحت ۱×۱٫۵ کیلومتر مربع، حفر شده است. بر اساس نتایج مطالعات اکتشافی، طلا در سیلیکات‌های آهن و منگنز تشکیل شده است. عناصر مزاحم آنتیموان و آرسنیک در این کانسار بر خلاف کانسار زرشوران که در نزدیکی این کانسار قرار دارد، بسیار کم است. [۱].

### ۱-۱-۴- استخراج معدن

روش استخراج معدن طلای آق‌دره به صورت روباز بوده و از اوایل سال ۱۳۸۲ توسط شرکت پویازرکان آغاز شده است. عیار حد معدن ۰٫۷ ppm طلا و طبق طراحی انجام شده، نسبت باطله‌برداری به ماده معدنی ۲ به ۱ خواهد بود [۱].

### ۱-۲- مشخصات خوراک کارخانه

خوراک کارخانه از مخلوط کردن کانسنگ‌های سه دپوی کم، متوسط و پرعیار (دپوهای خاکی) و دپوی مرسوم به سنگی تامین می‌شود. کانسنگ این دپوها توسط کامیون‌های ۲۰-۳۰ تنی از معدن طلای آق‌دره که در ۱۲ کیلومتری کارخانه قرار دارد، به محل دپوهای خوراک منتقل می‌شود. کانسنگ انتقال یافته بر حسب عیار طلا و نوع کانسنگ (سنگی یا خاکی) تقسیم‌بندی و دپو می‌شود. مواد عمده تشکیل دهنده دپوهای خاکی کانی‌های رسی، سیلیکاته و کربناته می‌باشد و جهت خردایش در آسیای نیمه خودشکن از سنگ‌های دپوی سنگی به عنوان مواد خرد کننده کمکی استفاده می‌شود.

جدول ۱-۱: مشخصات خوراک ورودی کارخانه [۲]

$10-13 \frac{kw/h}{t}$	اندیس کار
۲٫۷۱	وزن مخصوص
۱٫۶	وزن مخصوص ظاهری
۱۰ تا ۱۱ درصد	رطوبت

### ۱-۳- توصیف فرآیند

همانطور که گفته شد کانسنگ استخراجی از معدن توسط کامیون‌هایی به انبار روباز احداث شده در ابتدای کارخانه حمل و در آنجا دپو می‌شود. این مواد توسط کامیون بر روی یک گریزلی مشبک با ابعاد  $50 \times 90$  سانتیمتر تخلیه می‌گردد. مواد کوچکتر از  $90$  سانتیمتر از گریزلی عبور کرده، وارد سیلوی بتنی شده و از آنجا توسط اپرون‌فیدر به سنگ‌شکن فکی هدایت می‌شود. محصول سنگ‌شکن فکی با ابعاد  $80$  درصد کوچکتر از  $14$  سانتیمتر، توسط نوار نقاله به همراه آهک که به صورت جامد، محلول سیانید سدیم و تهریز هیدروسیکلون‌ها به تغذیه کننده آسیای نیمه خودشکن<sup>۴</sup> وارد می‌شود. درصد جامد پالپ درون آسیای نیمه خودشکن توسط آب فرآیند<sup>۵</sup> در  $70-69$  درصد و pH آن نیز در  $9.5$  تنظیم می‌شود. پالپ خروجی آسیا پس از عبور از سرند ترومل نصب شده در انتهای آن، توسط آب فرآیند به  $60$  درصد جامد رقیق شده و پس از آن به داخل هیدروسیکلون‌های خوشه‌ای پمپ می‌شود. مواد درشت‌تر از  $70-60$  میکرون از تهریز هیدروسیکلون خارج شده و به عنوان بار در گردش وارد آسیا می‌گردد. مواد با ابعاد کوچکتر از  $70-60$  میکرون از سرریز هیدروسیکلون‌ها خارج شده و پس از عبور از سرند آشغال‌گیر وارد مخازن لیچینگ می‌شود. شکل ۱-۱ فلوشیت مدار خردایش و شکل ۲-۱ فلوشیت مدار لیچ-جذب را نشان می‌دهد که در آن نام دستگاه‌ها و جریان مواد آورده شده است.

درصد جامد سرریز هیدروسیکلون و pH آن به ترتیب برابر  $42\%$  و  $9.5$  می‌باشد که در ورودی تانک شماره یک به ترتیب بر روی  $37\%$  و  $10$  تنظیم می‌شود.

واحد لیچینگ دارای ۷ تانک لیچ-جذب می‌باشد و فرآیند لیچینگ آن از نوع کربن در لیچ (CIL)<sup>۶</sup> می‌باشد. به این صورت که پالپ به طور پیوسته از تانک شماره ۱ به سمت تانک شماره ۷ و کربن فعال شده<sup>۷</sup> به طور ناپیوسته از تانک شماره ۷ به سمت تانک شماره ۱ منتقل می‌شود که به آن، فرآیند جریان از روبرو<sup>۸</sup> گفته می‌شود. از اواخر سال ۱۳۸۵ تانکی موسوم به لیچ جدید به مدار اضافه شد و پالپی که قبلاً از سرریز به تانک ۱ وارد می‌شد، بعد از این به تانک لیچ جدید وارد شده و سپس به تانک ۱ می‌رود. در

4 Semi Auto Genius Mill (SAG Mill)

5 Process water

6 Carbon In Leach

7 Activated carbon

8 Counter Current



تانک لیچ جدید فقط عملیات لیچ صورت می‌گیرد و کربن جهت جذب به آن افزوده نمی‌شود. در نتیجه پس از وارد شدن تانک لیچ جدید به مدار، فرآیند لیچینگ از CIL به CIP<sup>9</sup> تبدیل شد. برای جلوگیری از انتقال کربن در جهت حرکت پالپ به همراه آن در خروجی هر تانک سرد استوانه‌ای<sup>10</sup> نصب شده است که مانع از عبور کربن فعال شده به تانک بعدی می‌شود. پس از اینکه عیار طلائی جذب شده بر روی کربن فعال شده در تانک شماره ۱ به عیار تعیین شده برسد، کربن آن به واحد شستشو و جدایش<sup>11</sup> منتقل می‌شود و پس از آن کربن از تانک ۲ به تانک ۱ منتقل می‌شود. عملیات انتقال تا هنگامی که کربن از تانک ۷ به ۶ منتقل می‌شود ادامه دارد و پس از آن کربن فعال شده از مخزن کوره احیای کربن و یا به صورت کربن تازه پس از عبور از سرند نرمه گیر وارد تانک ۷ می‌شود.

کربن منتقل شده به واحد شستشو، ابتدا توسط آب بر روی سرند شستشو داده شده و پس از آن برای حذف ناخالصی‌هایی شامل آهک و سایر رسوبات که بر روی کربن جذب شده‌اند، به ستون اسید شویی منتقل می‌شود. در ستون اسید شویی برای حذف این ناخالصی‌ها از اسید کلریدریک ۳۰٪ استفاده می‌شود. پس از عملیات اسید شویی، برای بالا بردن pH محیط و شستشوی اسید، کربن چندین بار توسط آب نرم شستشو داده می‌شود.

پس از آن کربن به ستون جدایش منتقل شده و در آن با استفاده از محلول سیانید سدیم ۲٪ و سود ۲٪ در دمای ۱۳۰ درجه سانتیگراد، با اعمال فشار ۳۰۰ کیلوپاسکال و در مدت زمان ۵-۶ ساعت، کمپلکس سیانیدی فلزات طلا، نقره و جیوه از کربن جدا شده و وارد فاز مایع می‌گردد که به آن الویت<sup>12</sup> گفته می‌شود سپس این محلول به واحد سممتاسیون منتقل می‌گردد. شکل ۱-۳ این مراحل را نشان می‌دهد.

در واحد سممتاسیون محلول باردار به همراه پودر روی، نترات سرب و دیاتومه وارد مخازن ترسیب شده و در اثر عمل سممتاسیون، فلزات طلا، نقره و جیوه به فاز جامد منتقل می‌شود که در نهایت پس از فیلتراسیون محلول خروجی از مخازن ترسیب، کیک حاوی طلا، نقره و جیوه به عنوان محصول این واحد تولید می‌گردد. کیک تولید شده به کوره جیوه وارد می‌شود و در حرارت ۷۰۰ درجه سانتیگراد قرار می‌گیرد. در این دما جیوه موجود در کیک تبخیر شده و سپس این بخار در داخل کندانسور سرد شده و

---

9 Carbon In Pulp  
10 Inter tank screen  
11 Elution  
12 Eluate

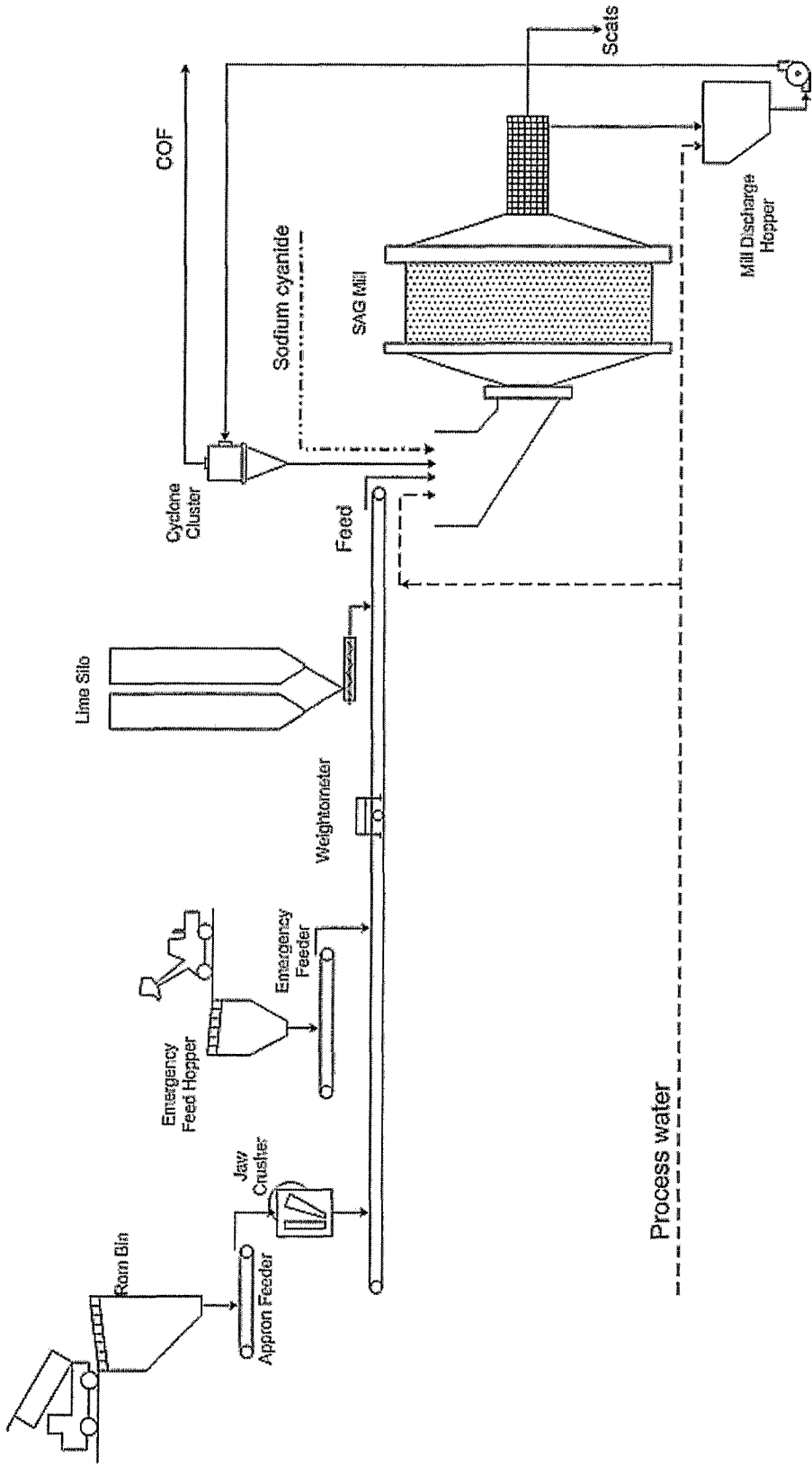
جیوه فلزی مایع بدست می آید. کیک باقیمانده به عنوان محصول اصلی کارخانه می باشد و برای بازیابی طلا و نقره آن، به واحد ذوب فرستاده می شود.

در اثر ذوب کیک مذکور در محلی دیگر، شمش طلا حاصل می شود. کربن های بدون بار حاصل از ستون شستشو نیز جهت فعال سازی و استفاده مجدد از آنها وارد کوره احیای کربن می شود که عمل فعال سازی در دمای حدود ۷۵۰ درجه سانتیگراد انجام می گیرد.

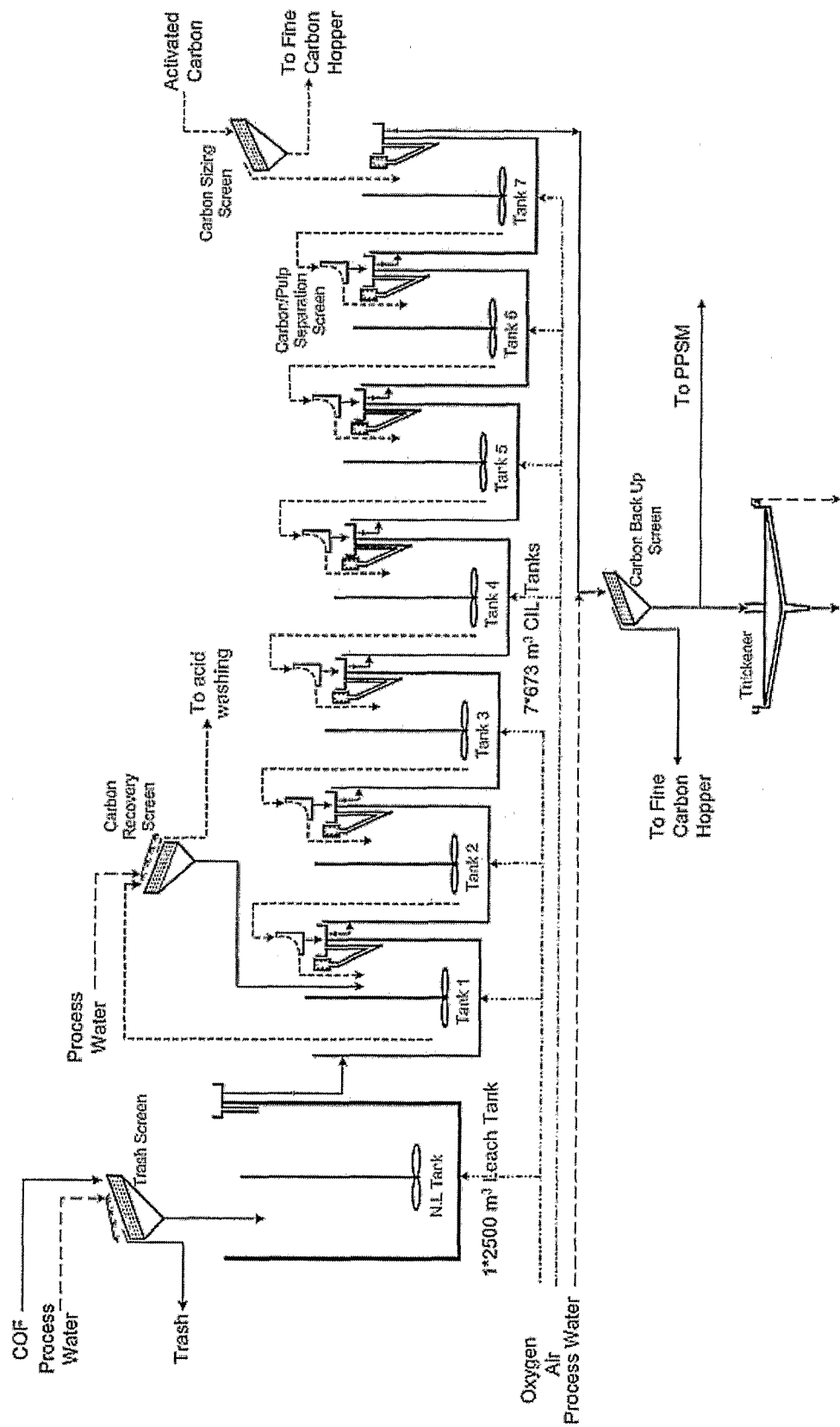
از سوی دیگر پالپ خروجی از انتهای تانک شماره ۷ که به عنوان باطله کارخانه می باشد، پس از عبور از روی سرنند بازیابی کربن نرمه به دو قسمت تقسیم می شود و برای بازیابی آب و بالا بردن درصد جامد آن قسمتی به تیکنر و قسمت دیگر به واحد PPSM<sup>۱۳</sup> منتقل می شود. آب بازیابی شده از این دو قسمت به همراه آب خام در مخزن آب فرآیند ذخیره می شود و به عنوان آب مصرفی کارخانه استفاده می شود.

گلاب محصول تیکنر و واحد PPSM به سدهای باطله هدایت می شوند. درصد جامد گلاب محصول تیکنر و واحد PPSM به ترتیب برابر ۵۸-٪ و ۶۵-٪ تا ۶۰ می باشد.

در جدول ۱-۲ مواد مصرفی و کاربرد آنها در مسیر کارخانه طلای پویازرکان آق دره آورده شده است.



شکل ۱-۱: فلوشیت مدار خردایش



شکل ۱-۷: فلوریت مدار لیچینگ-جذب