

سیرت النبی



دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد

مهندسی معدن-گرایش فراوری مواد معدنی

بازیابی طلا از محلول تیوسولفات‌ها به روش سمتاسیون

دانشجو:

علیرضا کنعانی

استاد راهنما:

دکتر احمد خدادادی

استاد مشاور:

دکتر محمد جواد کلینی

پاییز 1389



بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

آقای علی رضا کنعانی پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان بازیابی طلا از محلول

تیوسولفاتیک به روش سمنتاسیون در تاریخ ۱۳۸۹/۸/۱ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی معدن - فرآوری موادمعدنی پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر احمد خدادادی	دانشیار	
استاد مشاور	دکتر سید محمد جواد کلینی	استادیار	
استاد ناظر	دکتر محمود عبدالمهی	استاد	
استاد ناظر	دکتر سیدضیاءالدین شفاهی	استاد	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر محمود عبدالمهی	استاد	

آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهش‌های علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرح‌های تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان‌نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان‌نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین‌نامه های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

«اینجانب علی‌رضا کنعانی دانشجوی رشته مهندسی معدن ورودی سال تحصیلی ۸۸-۸۷ مقطع کارشناسی ارشد دانشکده فنی مهندسی متعهد می شوم کلیه نکات مندرج در آئین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته های علمی مستخرج از پایان‌نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین‌نامه فوق‌الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می‌دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هر گونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هر گونه اعتراض را از خود سلب نمودم»

امضا:

تاریخ: ۱۳۸۹/۹/۱۶

آیین نامه چاپ پایان نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده در رشته مهندسی معدن است که در سال ۱۳۸۹ در دانشکده فنی مهندسی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر احمد خدادادی، مشاوره جناب آقای دکتر سید محمد جواد کلینی از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

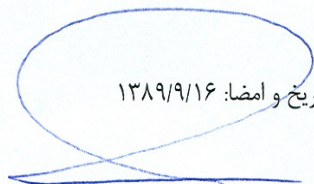
ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب علیرضا کنعانی دانشجوی رشته مهندسی معدن مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: علیرضا کنعانی

تاریخ و امضا: ۱۳۸۹/۹/۱۶



تقدیم به :

ساحت مقدس آقا علی ابن ابیطالب که مظهر
عدل و عدالت است و آقا قمر بنی هاشم که
مظهر **ایثار و وفاداری** است.

تقدیر و تشکر:

هر طلوع را غروبی است و هر روزی را شبی و هر آغازی را پایانی...

فقط نام نیک کسانی در شبی که روز را به انتها رسانده است در ذهنمان باقی می‌ماند که همراهمان بوده‌اند و در مشکلات و گرفتاری‌های روز به ما یاری رسانده‌اند و این نقش نیک را تا ابد بر صفحه قلبمان حک کرده‌اند بر خلاف آنانی که در کارها گره انداخته‌اند...

از صمیم قلب از زحمات و راهنمایی‌های اساتید ارجمندم جناب آقایان دکتر خدادادی، دکتر کلینی و دکتر عبداللهی در طول این دو سال تشکر می‌کنم. همچنین از راهنمایی‌های دوست عزیزم جناب آقای مهندس صمدزاده که کمک‌های زیادی در به ثمر رسیدن این پایان‌نامه داشته‌اند، همچنین آقای مهندس شهبازی کمال تشکر را دارم و از خداوند متعال خوشبختی و موفقیت این عزیزان را خواستارم.

چکیده

استحصال طلا از کانه حاوی طلا به روش سیانوراسیون مشکلات زیست محیطی را در پی دارد. لذا استحصال طلا به روش تیوسولفاتی مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق تاثیر پارامترهای مختلف بر محصول سمنتاسیون طلا به وسیله روی مورد بررسی قرار گرفتند. برای تهیه محلول سنتزی شمش طلا با خلوص 99/95٪ در محلول تیوسولفات آمونیوم- مس حل گردید، سپس شرایط بهینه برای سمنتاسیون طلا به وسیله روی از این محلول مورد بررسی قرار گرفت. برای طراحی آزمایش از روش Central Composite Design استفاده شد، زمان آزمایش‌ها 15 دقیقه در نظر گرفته شد. این آزمایش‌ها در 3 سطح، شامل پارامترهای pH، غلظت تیوسولفات، غلظت مس (II) و عیار طلا مورد بررسی قرار گرفتند که دامنه تغییرات آنها به ترتیب 9-10/5، 0/15-0/5 M، 10-50 mM، 5-20 ppm بود. مطالعات بهینه سازی انجام شد و برای سمنتاسیون طلا مدلی بر حسب پارامترهای ذکر شده ارائه گردید. مدل پیشنهادی توسط نرم افزار Quadratic می‌باشد. بر اساس نتایج به دست آمده شرایط بهینه برای pH ، غلظت تیوسولفات، غلظت مس (II) و عیار طلا به ترتیب برابر با 10/5، 0/15 M، 10 mM و 20 ppm به دست آمد. تحت این شرایط بازیابی سمنتاسیون طلا 99/4٪ بود. برای تعیین درصد خلوص طلا در سمنتاسیون از آنالیز EDS استفاده گردید. نسبت اتمی Cu/Au در نقطه بررسی شده در این آنالیز تقریباً 2:1 حاصل گردید. تحت شرایط بهینه و در حضور یون نقره تاثیر نسبت Zn/Au مورد بررسی قرار گرفت، هنگامی که این نسبت به 80 رسید بازیابی ماکزیمم برای طلا و نقره حاصل گردید. در نهایت محلول لیچینگ واقعی مورد آزمایش قرار گرفت و بازیابی سمنتاسیون طلا برای محلول واقعی 91/2٪ به دست آمد. بازیابی سمنتاسیون نقره در این آزمایش 73/7٪ حاصل گردید.

کلمات کلیدی: طلا، سمنتاسیون، پودر روی، DX7، لیچینگ تیوسولفاتی، محلول سنتزی.

فهرست مطالب

ه	فهرست اشکال.....
ح	فهرست جداول.....
فصل اول: کارخانه فراوری زرشوران	
2	1-1- مقدمه.....
2	2-1- معدن طلای زرشوران.....
3	1-2-1- موقعیت.....
جغرافیایی.....	
4	2-2-1- مطالعات زمین شناسی.....
.....	
5	3-2-1- چینه شناسی و لیتولوژی منطقه.....
5	4-2-1- زمین شناسی اقتصادی.....
5	5-2-1- روش استخراج.....
5	6-2-1- خاک معدن.....
6	7-2-1- مواد اولیه مصرفی در فراوری طلا.....
7	8-2-1- برآورد نوع و میزان محصولات اصلی و فرعی.....
7	9-2-1- آلاینده‌ها و پسماندهای مهم تولید شده.....
7	1-9-2-1- سیانور.....
7	2-9-2-1- یون‌های آرسنیک و آنتیموان محلول در پساب خروجی.....
7	3-9-2-1- آب خروجی.....
8	3-1- فرایند استحصال طلا در کارخانه زرشوران.....
13	4-1- مراحل خط تولید و مشخصات فنی تجهیزات واحد پایلوت زرشوران.....
13	1-4-1- واحد سنگ شکنی.....
15	2-4-1- واحد آسیا.....
15	3-4-1- واحد اکسیداسیون.....
16	4-4-1- واحد بازیابی آب واحد اکسیداسیون.....
17	5-4-1- واحد سیانوراسیون.....
17	6-4-1- واحد بازیابی آب واحد سیانوراسیون.....
17	7-4-1- واحد سیانور زدایی.....

18-4-1-8 سایر تأسیسات و تجهیزات خط تولید.....18

فصل دوم: پیشینه تحقیق

23-1-2 لیچینگ.....23

23-1-1-2 لیچینگ طلا توسط محلول تیوسولفات آمونیوم.....23

27-1-1-1-2 تاثیر.....27

.....آمونیاک

29-2-1-1-2 تاثیر مقدار اکسیژن.....29

30-3-1-1-2.....30

.....تیوسولفات

31-1-3-1-1-2 خواص اکسایش-کاهش و پایداری.....31

.....تیوسولفات

33-2-3-1-1-2 تاثیر.....33

.....تیوسولفات

37-4-1-1-2 مس (II).....37

40-5-1-1-2 تاثیر pH.....40

41-6-1-1-2 تاثیر.....41

.....دما

42-7-1-1-2 تاثیر.....42

.....آنیونها

43-8-1-1-2 تاثیر فلزات سنگین در انحلال طلا.....43

43-9-1-1-2 تاثیر چگالی پالپ.....43

44-10-1-1-2 اکسیداسیون طلا.....44

45-1-10-1-1-2 بررسی دیاگرامهای Eh-pH.....45

47-11-1-1-2 تاثیر پیریت.....47

48-12-1-1-2 تاثیر هماتیت و آلبیت.....48

48-2-1-2 مقایسه سیستم تیوسولفات-آمونیاک با.....48

.....سیانوراسیون

50-2-2.....50

.....	سمنتاسیون.....
53	1-2-2- مورفولوژی رسوب.....
55	2-2-2- سمنتاسیون طلا توسط پودر مس.....
55	1-2-2-2- سینتیک واکنش.....
55	1-1-2-2-2- تاثیر سرعت
.....	چرخش.....
56	2-1-2-2-2- تاثیر غلظت اولیه
.....	طلا.....
57	3-1-2-2-2- تاثیر
.....	دما.....
59	2-2-2-2-2- تاثیر غلظت
.....	آمونیاک.....
59	3-2-2-2-2- تاثیر غلظت اولیه
.....	سولفیت.....
59	4-2-2-2-2- تاثیر غلظت اولیه مس.....
60	5-2-2-2-2- ترکیب شیمیایی
.....	رسوب.....
62	3-2-2- سمنتاسیون طلا توسط پودر روی.....
64	1-3-2-2-2- تاثیر pH.....
65	2-3-2-2-2- تاثیر
.....	تیوسولفات.....
66	3-3-2-2-2- تاثیر دما.....
67	4-3-2-2-2- تاثیر پودر روی و روی (II) در محلول.....
69	5-3-2-2-2- تاثیر غلظت اولیه مس.....
70	6-3-2-2-2- تاثیر
.....	آمونیاک.....
71	7-3-2-2-2- غلظت اکسیژن.....
71	8-3-2-2-2- غلظت فلزات.....
71	9-3-2-2-2- افزودن $Pb(NO_3)_2$

72.....10-3-2-2- ابعاد ذرات روی

72.....11-3-2-2- مکانیزم محتمل سمنتاسیون

فصل سوم: فعالیت‌های آزمایشگاهی

751-3- تهیه محلول سنتزی

762-3- سمنتاسیون طلا از محول سنتزی

76.....1-2-3- تعیین زمان مناسب برای آزمایش

76.....2-2-3- شرایط آماده سازی محلول

773-2-3- تاثیر پارامترهای مختلف در واکنش سمنتاسیون

771-3-2-3- تاثیر دما

782-3-2-3- تاثیر pH

793-3-2-3- تاثیر

.....تیوسولفات

804-3-2-3- تاثیر غلظت مس (II)

805-3-2-3- تاثیر غلظت طلای محلول

814-2-3- طراحی آزمایش با استفاده از نرم افزار Design-Expert.7

811-4-2-3- انتخاب روش طراحی مناسب برای انجام آزمایشات

952-4-2-3- بهینه سازی شرایط آزمایش توسط نرم افزار DX7

995-2-3- تعیین درصد خلوص طلا با استفاده از EDS

1016-2-3- تاثیر یون های خارجی

1027-2-3- تعیین بازیابی سمنتاسیون طلا برای محلول واقعی

فصل چهارم: نتایج و پیشنهادها

105نتایج

107پیشنهادها

110فهرست منابع

فهرست اشکال

- شکل (1-1): نماهایی از کانسار طلای زرشوران..... 3
- شکل (2-1): فلوشیت خط تولید طلای زرشوران به همراه آلاینده های تولیدی..... 13
- شکل (3-1): فلوشیت فرآوری طلا..... 20
- شکل (4-1): جانمایی تأسیسات و تجهیزات سایت (نمای ایزومتریک)..... 21
- شکل (5-1): نمای شماتیک واحد پایلوت استحصال طلا..... 21
- شکل (2-1): مدل الکتروشیمیایی لیچینگ طلا از محلول تیوسولفات آمونیوم..... 25
- شکل (2-2): تاثیر غلظت آمونیاک در سرعت اکسیداسیون تیوسولفات و پایداری غلظت مس (II)..... 28
- شکل (3-2): تاثیر مقدار اکسیژن در سرعت اکسیداسیون تیوسولفات و پایداری غلظت مس (II)..... 30
- شکل (4-2): (الف) ساختار یون سولفات، (ب) ساختار یون تیوسولفات؛ (ج) کمپلکس طلا با تیوسولفات..... 31
- شکل (5-2): دیاگرام Eh-pH برای سیستم شبه پایدار S-H₂O در دمای 25 درجه سانتیگراد..... 32
- شکل (6-2): تاثیر غلظت تیوسولفات در سرعت اکسیداسیون تیوسولفات و پایداری غلظت مس (II)..... 34
- شکل (7-2): تاثیر افزایش دی سولفیت در غلظت مس (II)..... 35
- شکل (8-2): واکنش کمپلکس تترا آمین- مس (II) با تیوسولفات..... 37
- شکل (9-2): تاثیر غلظت مس (II) در سرعت اکسیداسیون تیوسولفات و پایداری غلظت مس (II)..... 38
- شکل (10-2): تاثیر اکسیداسیون ابتدایی مس در تعیین سرعت اکسیداسیون تیوسولفات و مقدار غلظت مس (II)..... 39
- شکل (2-11): تاثیر اکسیژن دهی به محلول در غلظت مس (II) در محلول لیچ تیوسولفاتی..... 39
- شکل (2-12): تاثیر pH (OH⁻) در سرعت احیای مس (II)..... 40
- شکل (2-13): تاثیر دما در لیچینگ طلا..... 41
- شکل (2-14): مقایسه تاثیر 0/1 M یون سولفات، کلرید، نیترات و فسفات در سرعت احیاء مس (II)..... 42
- شکل (2-15): تاثیر یون های خارجی در مصرف تیوسولفات..... 43
- شکل (2-16): تاثیر چگالی پالپ در انحلال طلا..... 44
- شکل (2-17): دیاگرام Eh-pH برای سیستم Au-NH₃-S-H₂O در 25 درجه..... 45

- سانتیگراد.....
- شکل (2-18): دیاگرام Eh-pH برای سیستم $\text{Au(0)-Au(I)-Au(III)-NH}_3\text{-S}_2\text{O}_3^{2-}\text{-H}_2\text{O}$ در 25 درجه سانتیگراد.....
- 46
- سانتیگراد.....
- شکل (2-19): دیاگرام Eh-pH برای سیستم $\text{Cu-NH}_3\text{-S-H}_2\text{O}$ در 25 درجه سانتیگراد.....
- 46
- شکل (2-20): تاثیر پیریت در انحلال طلا در محلول آمونیاکی.....
- 47
- شکل (2-21): مقایسه لیچینگ تیوسولفات آمونیوم با لیچینگ سیانیدی.....
- 48
- شکل (2-22): رسوب طلا بر سطح منیزیوم (A)، آلومینیوم (B)، روی (C)، آهن (D) و مس (E) توسط SEM.....
- 54
- شکل (2-23): تاثیر اندازه ذرات در سرعت سمنتاسیون با استفاده از ذرات کروی مس 200+ مش و 200- مش.....
- 55
- مش.....
- شکل (2-24): تاثیر سرعت دیسک گردان در سرعت واکنش.....
- 56
- شکل (2-25): تاثیر غلظت اولیه طلا در سمنتاسیون در سرعت RPM 1000.....
- 57
- شکل (2-26): تاثیر دما در سرعت واکنش.....
- 58
- شکل (2-27): درصد اتمی طلا در رسوب با نسبت‌های مولی Cu/Au در محلول.....
- 61
- شکل (2-28): آنالیز پودر مس باقیمانده بعد از آزمایشات با پراش اشعه X.....
- 62
- شکل (2-29): آنالیز پودر مس خام بعد از فیلتر و خشک کردن با پراش اشعه X.....
- 62
- شکل (2-30): ذرات مس بعد از سمنتاسیون؛ بزرگنمایی (200 برابر).....
- 62
- شکل (2-31): تاثیر pH در سمنتاسیون طلا.....
- 64
- شکل (2-32): تاثیر غلظت تیوسولفات در سمنتاسیون طلا.....
- 65
- شکل (2-33): مورفولوژی پودر روی باقیمانده بعد از سمنتاسیون طلا با بزرگنمایی 2000 برابر
- 66
- و دیاگرام فلروسانس اشعه X پودر روی باقیمانده.....
- شکل (2-34): تاثیر دما در سمنتاسیون طلا.....
- 67
- شکل (2-35): تاثیر حضور روی (II) در محلول سمنتاسیون طلا.....
- 68
- شکل (2-36): تاثیر غلظت مس (II) بر سمنتاسیون طلا.....
- 69
- شکل (2-37): سمنتاسیون طلا در حضور و غیاب
- 70

- آمونیاک.....
- 73 شکل (2-38): نمایش محتمل برای سمنتاسیون طلا.....
- 78 شکل (3-1): تاثیر دما در سمنتاسیون طلا.....
- 79 شکل (3-2): تاثیر pH در سمنتاسیون طلا.....
- 79 شکل (3-3): تاثیر تیوسولفات در سمنتاسیون
طلا.....
- 80 شکل (3-4): تاثیر غلظت مس (II) در سمنتاسیون طلا.....
- 81 شکل (3-5): تاثیر غلظت طلا در
سمنتاسیون.....
- 86 شکل (3-6): مقایسه مقادیر به دست آمده در آزمایشات و مقادیر پیش بینی شده توسط
مدل.....
- 87 شکل (3-7): تاثیر غلظت تیوسولفات (محور عمودی) و pH (محور افقی).....
- 88 شکل (3-8): تاثیر غلظت مس (II) (محور عمودی) و pH (محور افقی).....
- 89 شکل (3-9): تاثیر غلظت طلا (محور عمودی) و pH (محور افقی).....
- 90 شکل (3-10): تاثیر غلظت مس (II) (محور عمودی) و غلظت تیوسولفات (محور
افقی).....
- 91 شکل (3-11): تاثیر غلظت طلا (محور عمودی) و غلظت تیوسولفات (محور
افقی).....
- 92 شکل (3-12): تاثیر غلظت طلا (محور عمودی) و غلظت مس (II) (محور افقی).....
- 93 شکل (3-13): تاثیر متقابل غلظت تیوسولفات و pH.....
- 93 شکل (3-14): تاثیر متقابل غلظت مس (II) و pH.....
- 94 شکل (3-15): تاثیر متقابل غلظت طلا و pH.....
- 94 شکل (3-16): تاثیر متقابل غلظت مس (II) و غلظت تیوسولفات.....
- شکل (3-17): مورفولوژی رسوب بعد از سمنتاسیون طلا با استفاده از SEM (الف)،
آنالیز EDS نقطه A برای تعیین درصد خلوص طلا (ب).....
- 101

فهرست جداول

24	جدول (2-1): جایگزینهای ارائه شده برای روش سیانوراسیون.....
	جدول (2-2): ثابتهای تعادل (log K) برای کمپلکسهای طلا (I)، مس (I)/(II) و کلسیم (II) با تیوسولفات،.....
27	آمونیاک، هیدروکسید، کربنات و سولفات در 25 درجه سانتیگراد
33	جدول (2-3): بعضی از واکنشهای مهم اکسایش-کاهش شامل تیوسولفات.....
36	جدول (2-4): ثابتهای پایداری برای بعضی از کمپلکسهای تیوسولفات با فلز در دمای 25 درجه سانتیگراد.....
51	جدول (2-5): مقادیر K_{Me} ، R_{Me} و درصد انحلال فلزات.....
52	جدول (2-6): پتانسیل استاندارد اکسیداسیون در دمای 298 K و فشار atm
	1.....
58	جدول (2-7): ثابت سرعت مرتبه اول [$cm\ s^{-1}$] در شرایط مختلف آزمایش.....
60	جدول (2-8): تغییر ترکیب با نسبت Cu/Au در محلول.....
66	جدول (2-9): تاثیر غلظت تیوسولفات در سمنتاسیون طلا.....
68	جدول (2-10): سمنتاسیون طلا با مقادیر مختلف افزودن پودر روی.....
69	جدول (2-11): ترکیبات روی در باقیمانده پودر روی.....
71	جدول (2-12): مقدار طلای ترسیب شده با نسبتهای مختلف [$S_2O_3^{2-}$] / [NH_3].....
76	جدول (3-1): بازیابی سمنتاسیون در زمانهای مختلف.....
82	جدول (3-2): فاکتورها و مشخصات آنها در فرایند سمنتاسیون طلا.....
83	جدول (3-3): نتایج آزمایشات در طراحی آزمایش.....
84	جدول (3-4): طرح کلی آزمایشات.....
85	جدول (3-5): اطلاعات ANOVA مدل.....
95	جدول (3-6): شرایط موجود برای بهینه سازی.....
96	جدول (3-7): نتایج بهینه سازی پیشنهادی توسط نرم افزار.....
97	جدول (3-8): شرایط موجود برای بهینه سازی.....
98	جدول (3-9): نتایج بهینه سازی پیشنهادی توسط نرم افزار.....

99	جدول (3-10): نتایج آزمایشات تحت شرایط بهینه پیشنهادی توسط نرم افزار.....
99	جدول (3-11): شرایط واکنش سمنتاسیون طلا.....
102	جدول (3-12): شرایط آزمایش تعیین تاثیر یون نقره در بازیابی سمنتاسیون طلا.....
102	جدول (3-13): تاثیر نسبت مولی Zn/ Au در بازیابی سمنتاسیون طلا و نقره.....
103	جدول (3-14): آنالیز شیمیایی نمونه تهیه شده از محلول باردار.....
103	جدول (3-15): بازیابی طلا از محلول واقعی بر حسب مقادیر مختلف روی.....

فصل اول

کارخانه فرآوری

طلای زرشوران

1-1- مقدمه

طلا فلزی است که به دلیل زیبایی و پایداری آن از گذشته‌های دور توجه بشر را به خود جلب کرده است. طلا به طور طبیعی میل ترکیبی بسیار پایینی با کلیه عناصر نشان می‌دهد و به همین دلیل عمدتاً در طبیعت به صورت فلز خالص یافت می‌شود و در اکثر اسیدها و بازها حل نمی‌شود. طلا فقط در تیزاب سلطانی که ترکیب اسید نیتریک و اسید کلریدریک است حل می‌شود.

طلا دارای مقاومت الکتریکی بسیار پایینی بوده و سومین جایگاه را در زمینه رسانایی الکتریکی در اختیار دارد. جرم حجمی آن $19/8$ گرم بر سانتیمتر مکعب است. با توجه به قدرت انعکاس شگفت‌آور، طلا در سفینه‌های فضایی و ماهواره‌ها برای حفاظت از تشعشعات خورشیدی نیز کاربرد دارد. در پزشکی نوین استفاده از طلا بسیار ارزشمند و مفید می‌باشد، زیرا این عنصر سمی نبوده و از نظر زیست‌شناسی، مفید و یکی از بهترین هادی‌های جریان الکتریکی است [1].

در حال حاضر طلا به عنوان پشتوانه پول کشورها از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. با توجه به اهمیت روز افزون آن، می‌توان به ارزش طلا و همچنین روش‌های فراوری آن پی برد.

هدف از انجام این تحقیق بهینه‌سازی پارامترهای سمنتاسیون طلا از محلول لیچینگ تیوسولفاتی می‌باشد که توسط آزمایشگاه کارخانه فراوری زرشوران تهیه شده است. لذا در ابتدا مختصری راجع به شرح فرایند استحصال طلا در کارخانه زرشوران آورده شده است.

در حال حاضر استحصال طلا در کارخانه فراوری زرشوران به روش سیانیدی انجام می‌گیرد. به دلیل آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از پراکندگی سیانید در محل، همچنین به دلیل بالا بودن درصد کانی‌های سولفیدی در کانه طلای موجود و نیاز به اکسیداسیون قبل از مرحله سیانوراسیون، استحصال طلا به روش تیوسولفاتی مورد بررسی قرار گرفت.

در این فصل مختصری راجع به موقعیت جغرافیایی، زمین‌شناسی، روش استخراج در معدن زرشوران و همچنین فرایند استحصال طلا در کارخانه زرشوران و آلودگی‌های تولید شده در طی این فرایند مطالبی آورده شده است.

1-2- معدن طلای زرشوران

کانسار طلای زرشوران براساس مطالعات زمین‌شناختی و اکتشافی با دارا بودن ذخیره‌ای فراتر از 88 تن طلا (طبق گزارش‌های رسمی) و همچنین عیار بالا (حدود $7/9$ گرم در تن)، تنها ذخیره شناخته شده طلای کشور در مقیاس بین‌المللی محسوب می‌شود که همواره به دلیل دارا بودن عیار و ذخیره بالا مورد توجه شرکت‌های بین‌المللی بوده است.

با توجه به نوع خاک کانسار زرشوران (از نوع سولفورهای ارسنیک و آنتیموان)، جهت استحصال طلا علاوه بر ضرورت اکسیده نمودن خاک معدن قبل از انحلال طلای آن در سیانور، می‌بایستی شبکه کانی‌های سولفیدی برای آزاد سازی طلا متلاشی گردد که این امر علاوه بر تحمیل هزینه‌افزونتر در مقایسه با خاک‌های اکسیده‌شده طلا دار، نیازمند تکنولوژی و تجهیزات پیشرفته‌ای می‌باشد.

همین مشکلات تاکنون موجب شده است که بهره برداری از این کانسار مهم در سال‌های قبل، غیر اقتصادی ارزیابی گردد.

در سنوات گذشته بر اساس مطالعات اولیه، با تکنولوژی‌های دیگر تنها هزینه اکسیداسیون این خاک 17 دلار به ازاء هر تن پیش بینی شده بود که در کنار این هزینه بالا، معضلات و مشکلات استفاده از راکتورهای تیتانیومی ویژه و گرانیقیمت برای کار در دمای بیش از 200°C و همچنین فشارهای بالای حدود 22 اتمسفر، افق بهره برداری از این ذخیره را هر چه بیشتر تیره می‌نمود.

در سال 1380 واحد پایلوت استحصال طلای زرشوران، به ظرفیت 100 تن خاک طلا دار در روز، راه اندازی شد.

1-2-1- موقعیت جغرافیایی

معدن طلای زرشوران در 49 کیلومتری شمال شهر تکاب و 7 کیلومتری شمال دهکده زرشوران واقع شده است. محدوده این معدن از طول جغرافیایی $5^{\circ} 8' 47^{\circ}$ الی $10' 9' 47^{\circ}$ و عرض جغرافیایی $55' 42' 36^{\circ}$ الی $25' 43' 36^{\circ}$ است.

سایت طلای زرشوران نیز در فاصله 25 کیلومتری معدن و در طول جغرافیایی $6' 47^{\circ}$ و عرض جغرافیایی $37' 36^{\circ}$ واقع شده است.

نزدیکترین جاده دسترسی آسفالته تا سایت، جاده فرعی روستای یار عزیز - زرشوران می‌باشد که توسط جاده فرعی خاکی زیرسازی شده درجه 1 به طول حدود 1 کیلومتر به سایت متصل می‌گردد. شهرستان تکاب در منتهی الیه شرقی استان آذربایجان غربی واقع شده و از شمال غربی به هشتگرد، از شمال شرقی به زنجان، از طرف غرب به شاهین دژ، از طرف جنوب و جنوب غربی به کردستان و از جنوب شرقی به شهرستان بیجار محدود می‌باشد. ارتفاع متوسط شهرستان تکاب از سطح دریاهای آزاد حدود 1840 متر می‌باشد.

کارخانه زرشوران 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 15- درجه در فصل زمستان تا 30+ درجه در فصل تابستان متغیر است [1].

انتخاب محل سایت به گونه‌ای بوده که کل واحد بالاخص دپوی بار ورودی، دپوی سنگ خرد شده و سد باطله در معرض کمترین سیلاب قرار گیرند. سایت در بلندترین جای ممکن و در محلی که آبراهه‌های آن حوضهٔ آبرگیر بسیار کمی دارند بنا نهاده شده است. ضمناً محل دپوی بار ورودی، سنگ خرد شده و سد باطله به نحوی انتخاب شده است که در بدترین شرایط آب و هوایی و حتی در صورت بارندگی شدید نیز کمترین مقدار از مواد جابجا نشود. همچنین محل حوضچهٔ جمع آب در سد باطله در پائین‌ترین سطح انتخاب گردیده و حجم آن نیز به نحوی انتخاب شده است که حتی در شدیدترین بارندگی‌ها با توجه به سطح حوضهٔ آبرگیر، امکان خروج آب از سد باطله و سایر خروجی‌های مرتبط با سایت وجود نداشته باشد.

1-2-2- مطالعات زمین شناسی

از حدود سالهای 1324 تاکنون مطالعات بسیار مفصلی توسط پژوهشگران مختلف در رابطه با زمین شناسی، خاستگاه، ذخیره معدنی و نوع درگیری طلا با کانه‌های همراه انجام شده است که آخرین آنها بررسی‌های تفصیلی توسط شرکت آنگلو گلد¹ آمریکا در مورد ذخیره و عیار طلای این معدن می‌باشد. کانسار طلای زرشوران در شمار کانسارهایی به حساب می‌آید که در جهان با نام کانسارهای کارلایین یا افشان، در سنگهای رسوبی موجود می‌باشد. این کانسار به صورت جانشینی پراکنده و بر اثر سولفوری شدن، انحلال، کربناتی و سیلیسی شدن در سنگهای آهکی پالئوزوئیک زیرین - پرکامبرین پسین تشکیل شده است. محلول‌های کانه ساز در امتداد شکستگیهایی با روند شمال غربی وارد آهک‌های مذکور شده و آنها را بارور نموده اند. طول منطقه ای که توسط این محلولها آغشته شده است، در حدود 1/5 کیلومتر و پهنای آن نیز حدود 200 متر می‌باشد.

1-2-3- چینه شناسی و لیتولوژی منطقه

ستون چینه شناسی واحدهای دارای برونزد به ترتیب سنی از قدیم به جدید عبارتند از:

الف . سازندهای مربوط به دوران سوم

- واحد مارن ماسه سنگی تحتانی
- واحد آهکی میانی
- واحد ماسه سنگ مارنی فوقانی

¹ - ANGLO GOLD