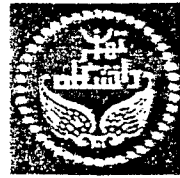




F & D
N.I.C.I.C.o.

شرکت ملی صنایع مس ایران
امور تحقیقات و مطالعات
تحقیقات هیدرومتالورژی



دانشگاه تهران
دانشکده فنی
گروه مهندسی معدن

پایان نامه کارشناسی ارشد (گرایش فراوری مواد معدنی)

عنوان :

استحصال بیولوژیکی مس از غبار کوره‌های ریورب مجتمع مس سرچشمه

۱۳۸۲ / ۱ / ۲۰

تهیه کننده :

محمد مسینایی

استاد راهنما :

دکتر منوچهر اولیازاده

استاد مشاور :

دکتر احمدرضا شاهرودی

مشاور صنعتی :

مهندس سیدعلی سیدباقری

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مدارک

۴۸۹۲۱

پاییز ۱۳۸۱

صفحه تصویب پایان نامه کارشناسی ارشد

موضوع

استحصال بیولوژیکی مس از غبار کوره های ریورب مجتمع مس سرچشمه

توسط

محمد مسینایی

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

۱۳۸۲ / ۱ / ۲۰

رشته مهندسی معدن فرآوری مواد معدنی

از این پایان نامه در تاریخ ۸۱/۱۰/۱۵ در مقابل

هیئت داوران دفاع بعمل آمده ومورد تصویب قرار گرفت.

محل امضاء



سرپرست کمیته تحصیلات تکمیلی دانشکده: آقای دکتر فیض

مدیر گروه آموزشی: آقای دکتر احمد جعفری

ساتید راهنما: آقای دکتر منوچهر اولیازاده

ستاد مشاور: آقای دکتر احمد رضا شهورکی

آقای دکتر کلاهدوزان

آقای دکتر طباطبایی

آقای دکتر نوع پرست



F & S
N.I.C.I.C.

شرکت ملی صنایع مس ایران
امور تحقیقات و مطالعات
تحقیقات هیدرومتالورژی



دانشگاه تهران
دانشکده فنی
گروه مهندسی معدن

پایان نامه کارشناسی ارشد (گرایش فراوری مواد معدنی)

عنوان :

استحصال بیولوژیکی مس از غبار کوره‌های ریورب مجتمع مس سرچشمه

تهیه کننده :

محمد مسینایی

استاد راهنما :

دکتر منوچهر اولیازاده

استاد مشاور :

دکتر احمدرضا شاهرودی

مشاور صنعتی :

مهندس سیدعلی سیدباقری

پاییز ۱۳۸۱

تقدیم به :

اسوه‌های ایثار، فداکاری و محبت،

بزرگ معلمان زندگیم

پدر عزیز

و

مادر مهربانم

تقدیر و تشکر

یگانه پروردگار هستی را سپاس میگویم و پیشانی شکر بر درگاه آن احدیت اقدس به خاک میسایم که مرا به لطف و بخشایش خداوندیش توفیق عطا فرمود تا این مجموعه هر چند مختصر را تقدیم دارم.

لازم میدانم بدینوسیله از همکاری و همیاری اساتید، متخصصین، کارشناسان و دوستانی که انجام و تحقق این پژوهش بدون یاری ایشان غیرممکن مینمود، کمال تشکر و قدردانی را ابراز دارم. بزرگوارانی همچون استاد محترم جناب آقای دکتر اولیاءزاده که راهنماییهای ارزنده ایشان در تدوین این پژوهش مساعدتی بس بزرگ بود، جناب آقای دکتر شاهوردی که مشورت با ایشان راهگشای مشکلات این پژوهش بود، جناب آقای مهندس سیدباقری که پیشبرد این پروژه مدیون همکاری و همیاری این عزیز بزرگوار بود، سرکار خانم مهندس پرتوآذر مدیریت محترم امور تحقیقات و مطالعات، جناب آقای مهندس سعید ریاست محترم تحقیقات هیدرومتالورژی، پرسنل آزمایشگاه هیدرومتالورژی، پرسنل آزمایشگاه مرکزی، پرسنل مینرالوژی، پرسنل کارخانه نیمه صنعتی (پایلوت پلنت) و دوستان و همکاران عزیزم آقایان دکتر شیخزاده، دکتر عسگری زمانی، مهندس امینی و سرکار خانم منافی.

چکیده

غبار تولیدی در کوره های ریورب مجتمع مس سرچشمه با تناژی معادل ۳۰ تن بر روز و متوسط عیار مس ۳۰ درصد بکمک فیلترهای الکترواستاتیکی از گازهای خروجی جدا می شود. غبار جمع شده بدون هیچ تغییری به سیستم برگشت داده می شود که علاوه بر آلودگی محیط زیست در اثر انتشار در فضای کارخانه باعث اتلاف مس موجود و همچنین بعثت ریزی زیاد با دمش کوره در آجرهای نسوز نفوذ و باعث از بین رفتن نسوزها می گردد. هدف از این پژوهش، بررسی امکان استحصال مس موجود در غبار کوره های ریورب مجتمع مس سرچشمه با فرایندهای بیولوژیکی می باشد. آزمایشهای فروشویی میکروبی غبار در مقیاس کوچک در فلاسکهای لرزان و در مقیاس بزرگ در بیوراکتور همزن دار ۵۰ لیتری انجام گرفت. نتایج آزمایشهای فروشویی میکروبی غبار نشان داد که در شرایط بهینه امکان استحصال بیش از ۹۰ درصد مس موجود با فرایندهای بیولوژیکی می باشد. این در حالی است که در شرایط مشابه و در محیط فروشویی شیمیایی (فاقد باکتری) تنها ۳۳ درصد مس موجود در غبار استحصال شد.

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

چکیده

فصل اول : مقدمه

- ۱-۱- مقدمه ۱
- ۲-۱- مجتمع مس سرچشمه ۲
- ۳-۱- کوره‌های ریورب مجتمع مس سرچشمه ۶
- ۴-۱- الکتروفیلترهای مجتمع مس سرچشمه ۸
- ۵-۱- ضرورت عمل آوری غبار ۱۰

فصل دوم : مروری بر تحقیقات گذشته

- ۱-۲- تاریخچه بیوتکنولوژی در صنعت متالورژی ۱۱
- ۲-۲- باکتریها ۱۶
- ۱-۲-۲- ساختمان باکتریها ۱۷
- ۲-۲-۲- مراحل رشد و تکثیر باکتریها ۲۲
- ۳-۲- باکتریهای صنعتی و شرایط کاربرد آنها ۲۵
- ۱-۳-۲- تقسیم‌بندی باکتریهای صنعتی براساس شرایط محیطی ۲۵
- ۲-۳-۲- تقسیم‌بندی باکتریهای صنعتی براساس مقاومت حرارتی ۲۶
- ۳-۳-۲- تقسیم‌بندی باکتریهای صنعتی براساس خودکفایی غذایی ۲۷
- ۴-۳-۲- مهمترین باکتریهای مورد استفاده در صنعت استحصال فلزات ۲۸
- ۴-۲- مکانیزم‌های انحلال فلزات توسط باکتریها ۳۲
- ۱-۴-۲- انحلال فلزات با مکانیزم واکنش اکسیداسیونی باکتری ۳۲
- ۱-۱-۴-۲- طبقه‌بندی واکنشهای اکسیداسیون باکتریایی ۳۳
- ۲-۴-۲- انحلال فلزات با مکانیزم واکنش احیایی باکتری ۳۴
- ۳-۴-۲- انحلال فلزات با تشکیل اسیدهای ارگانیک و غیرارگانیک ۳۴
- ۴-۴-۲- انحلال فلزات با تشکیل دفع مواد شیمیایی پیچیده توسط باکتری ۳۴
- ۵-۴-۲- مکانیزم انحلال فلزات با فرایند اکسیداسیون کانیهای سولفیدی ۳۴
- ۱-۵-۴-۲- اکسیداسیون باکتریایی مستقیم ۳۵
- ۲-۵-۴-۲- اکسیداسیون باکتریایی غیرمستقیم ۳۵

۳۶	۲-۴-۵-۳- اثرات گالوانیک
۳۸	۲-۵-۰- فروشویی میکروبی سولفیدهای مس و آهن
۳۸	۲-۵-۱- فروشویی میکروبی کالکوپیریت
۳۹	۲-۵-۲- فروشویی میکروبی کالکوسیت
۴۰	۲-۵-۳- فروشویی میکروبی کولیت
۴۰	۲-۵-۴- فروشویی میکروبی پیریت
۴۲	۲-۶-۰- روشهای آزمایشگاهی فرایند فروشویی میکروبی کانیها
۴۲	۲-۶-۱- فروشویی تعلیقی در ظروف لرزان
۴۴	۲-۶-۲- فروشویی ستونی
۴۴	۲-۶-۳- فروشویی همزنی در راکتورهای همزن‌دار
۴۵	۲-۷-۰- فرایندهای صنعتی فروشویی میکروبی کانیها
۴۵	۲-۷-۱- فروشویی توده‌ای
۴۷	۲-۷-۲- فروشویی درجا
۴۷	۲-۷-۳- فروشویی در مخزنهای همزن‌دار
۴۸	۲-۸-۰- سینتیک فرایندهای فروشویی میکروبی
۴۹	۲-۸-۱- انتقال جرم
۴۹	۲-۸-۱-۱- انتقال جرم اکسیژن و دی‌اکسید کربن
۵۲	۲-۸-۲-۱- انتقال یونهای محلول
۵۳	۲-۸-۳-۱- جذب سطحی میکروارگانیزم بر سطح کانی
۵۵	۲-۸-۲- رشد میکروارگانیزم‌ها و سرعت واکنشهای فروشویی میکروبی
۵۵	۲-۸-۲-۱- محیط کشت باکتری
۵۶	۲-۸-۲-۲- دما
۵۷	۲-۸-۳-۲- اسیدیته محیط
۵۸	۲-۸-۴-۲- پتانسیل اکسیداسیون-احیا
۵۸	۲-۸-۵-۲- دانسیته پالپ
۵۹	۲-۸-۶-۲- اندازه ذرات
۶۰	۲-۸-۷-۲- غلظت یون فریک
۶۰	۲-۸-۸-۲- عناصر سمی
۶۱	۲-۹-۰- راکتورهای ناپیوسته
۶۲	۲-۱۰-۰- مشخصات هیدرولیکی راکتورها

۶۵	۱۱-۲- بیوراكتورها
۷۰	۱-۱۱-۲- بیوراكتور با سیستم اختلاط مکانیکی
۷۲	۱-۱-۱۱-۲- انتقال جرم فاز گازی
۷۲	۲-۱-۱۱-۲- اختلاط
۷۹	۳-۱-۱۱-۲- حساسیت برشی
۸۰	۴-۱-۱۱-۲- تعادل حرارتی
۸۳	۵-۱-۱۱-۲- جنس بیوراكتور

فصل سوم: روش تحقیق و مواد

۸۴	۱-۳- نمونه گیری
۸۶	۲-۳- تجزیه شیمیایی و کانی شناسی غبار
۸۸	۳-۳- تجزیه عنصری غبار
۹۰	۴-۳- تجزیه ابعادی غبار
۹۳	۵-۳- فروشویی اسیدی غبار بمنظور حذف فاز اکسیدی مس
۹۵	۶-۳- تجزیه شیمیایی و کانی شناسی غبار فروشویی شده
۹۶	۷-۳- فروشویی میکروبی غبار
۹۶	۱-۷-۳- جداسازی، تخلیص و سازگاری باکتریهای بومی معدن مس سرچشمه
۹۸	۲-۷-۳- تهیه کشت اولیه از باکتریها
۱۰۰	۳-۷-۳- مطالعات آزمایشگاهی فروشویی میکروبی غبار
۱۰۱	۱-۳-۷-۳- بررسی تاثیر چگالی پالپ
۱۰۳	۲-۳-۷-۳- بررسی تاثیر نوع محیط کشت باکتریایی
۱۰۴	۳-۳-۷-۳- بررسی تاثیر میزان تلقیح باکتریایی
۱۰۴	۴-۳-۷-۳- بررسی تاثیر افزودن سوبستراهای سولفات آهن و پیریت به محیط
۱۰۶	۴-۷-۳- مطالعات بزرگ مقیاس فروشویی میکروبی غبار

فصل چهارم: ارائه یافته‌ها و نتایج

۱۱۳	۱-۴- اثر دانسیته پالپ
۱۱۶	۲-۴- اثر نوع محیط کشت باکتریایی
۱۲۳	۳-۴- اثر میزان تلقیح باکتریایی
۱۲۶	۴-۴- اثر مواد افزودنی
۱۲۹	۵-۴- نتایج آزمایشهای فروشویی بزرگ مقیاس در بیوراكتور همزن‌دار

۱۳۲ ۶-۴- مقایسه نتایج آزمایشهای فروشویی میکروبی غبار در ظروف لرزان و بیوراکتور
همزندان

فصل پنجم : بحث و نتیجه گیری

۱۳۳ ۱-۵- نتایج مطالعات آزمایشگاهی فروشویی میکروبی غبار
۱۳۳ ۱-۱-۵- تاثیر چگالی پالپ
۱۳۳ ۲-۱-۵- تاثیر نوع محیط کشت باکتریایی
۱۳۶ ۳-۱-۵- تاثیر میزان تلقیح باکتری به محیط فروشویی
۱۳۷ ۴-۱-۵- تاثیر افزودن سولفات آهن و پیریت به محیط فروشویی
۱۳۹ ۲-۵- نتایج آزمایشهای بزرگ مقیاس فروشویی میکروبی غبار
۱۴۰ ۳-۵- نتیجه گیری
۱۴۳ ۴-۵- پیشنهادات
۱۴۴ منابع و مواخذ
۱۴۷

چکیده انگلیسی

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۱	شکل ۱-۱-۱- مراحل مختلف تولید محصولات مجتمع مس سرچشمه
۸	شکل ۲-۱-۲- نمای کلی از کوره ریورب
۱۶	شکل ۱-۲-۱- دیاگرام Venn-Euler بیانگر رابطه بیوهیدرومتالورژی و سایر علوم وابسته
۲۱	شکل ۲-۲-۲- اجزاء اصلی ساختمان باکتری
۲۴	شکل ۳-۲-۳- مراحل مختلف رشد و تکثیر باکتری
۳۱	شکل ۴-۲-۴- تصویر میکروسکوپ الکترونی از سویه تیوباسیلوس فرواکسیدانس
۳۷	شکل ۵-۲-۵- نمایی از مکانیزم‌های مختلف فروشویی میکروبی سیستم $CuFeS_2/FeS_2$
۳۷	شکل ۶-۲-۶- مکانیزم فروشویی مستقیم و غیرمستقیم باکتریایی کانی پیریت
۴۸	شکل ۷-۲-۷- نمایی از روشهای مختلف فروشویی میکروبی در مقیاس صنعتی
۵۱	شکل ۸-۲-۸- اثر نوع و مقدار بعضی از املاح بر حلالیت اکسیژن
۵۲	شکل ۹-۲-۹- اثر درجه حرارت بر حلالیت اکسیژن
۵۷	شکل ۱۰-۲-۱۰- اثر درجه حرارت بر رشد و فعالیت سویه‌های مختلف
۵۹	شکل ۱۱-۲-۱۱- اثر دانسیته پالپ بر انتقال جرم اکسیژن و دی‌اکسید کربن به سطح بیومس
۶۴	شکل ۱۲-۲-۱۲- الگوهای مختلف جریان در راکتورها
۶۷	شکل ۱۳-۲-۱۳- انواع مختلف بیوراکتورهای برجی که اختلاط در آنها با انرژی صعود گاز مایع انجام میگیرد
۶۸	شکل ۱۴-۲-۱۴- انواع مختلف بیوراکتورهای ناپیوسته همزن‌دار
۶۹	شکل ۱۵-۲-۱۵- بیوراکتورهایی که بدون استفاده از همزن (نیروی مکانیکی) و با استفاده از نیروی پمپ و نازل کار میکنند
۷۱	شکل ۱۶-۲-۱۶- نمایی از بیوراکتور همزن‌دار
۷۶	شکل ۱۷-۲-۱۷- نمایی از انواع مختلف پره‌های شعاعی
۷۷	شکل ۱۸-۲-۱۸- نمایی از پره‌های شعاعی نوع دیسکی
۷۷	شکل ۱۹-۲-۱۹- الگوی جریان در پره‌های شعاعی
۷۸	شکل ۲۰-۲-۲۰- نمایی از پره محوری نوع Lightnin A315
۷۸	شکل ۲۱-۲-۲۱- الگوی جریان در پره‌های محوری
۸۰	شکل ۲۲-۲-۲۲- نرخ رشد (مصرف اکسیژن) میکروارگانیزم‌ها تابعی از سرعت نوک پره
۸۲	شکل ۲۳-۲-۲۳- راکتورهای جاکت‌دار (دوجداره) با محیط انتقال حرارت بین دو جداره

- شکل ۲-۲۴- کویل‌های مارپیچی در راکتورهای بافل دار مرسوم ۸۲
- شکل ۲-۲۵- لوله‌های عمودی جایگزین بافل در راکتورها ۸۳
- شکل ۳-۱- نمایی از بالن فلو، محل جمع‌آوری ذرات درشت غبار ۸۵
- شکل ۳-۲- نمایی از محل جمع‌آوری غبار (جریان تلفیقی الکتروفیلترها و بالن فلو) ۸۵
- شکل ۳-۳- نمایی از الکتروفیلترها، محل جمع‌آوری ذرات ریز غبار ۸۶
- شکل ۳-۴- نمودار تجزیه ابعادی غبار با سرند و سیکلوسایزر ۹۲
- شکل ۳-۵- فروشویی اسیدی غبار در بطریهای غلتان ۹۴
- شکل ۳-۶- متحنی بازیابی برحسب زمان فروشویی اسیدی غبار ۹۴
- شکل ۳-۷- تهیه کشت اولیه از سویه‌های تیوباسیلوس فرواکسیدانس و تیواکسیدانس ۱۰۰
- شکل ۳-۸- نمایی از دستگاه انکوباتور و ظروف لرزان مورد استفاده در مطالعات آزمایشگاهی فروشویی میکروبی غبار ۱۰۶
- شکل ۳-۹- نمایی از بیوراکتور ۵۰ لیتری مورد استفاده در آزمایشهای بزرگ مقیاس فروشویی میکروبی غبار ۱۱۰
- شکل ۳-۱۰- نمایی از تجهیزات داخلی بیوراکتور (لوله‌هواده‌ی، بافل‌ها و همزن) ۱۱۰
- شکل ۳-۱۱- نمایی دیگر از بیوراکتور همزن‌دار و تجهیزات آن ۱۱۱
- شکل ۳-۱۲- نمایی از بیوراکتور همزن‌دار در حال کار ۱۱۱
- شکل ۳-۱۳- نمایی از حمام آب گرم مورد استفاده بمنظور کنترل دمای راکتور ۱۱۲
- شکل ۳-۱۴- نمایی از همزن شعاعی مورد استفاده بمنظور تخلیق سیستم ۱۱۲
- شکل ۴-۱- تغییرات بازیابی و غلظت مس محیط با دانسیته پالپ ۱٪ ۱۱۳
- شکل ۴-۲- تغییرات بازیابی و غلظت مس محیط با دانسیته پالپ ۵٪ ۱۱۳
- شکل ۴-۳- تغییرات بازیابی و غلظت مس محیط با دانسیته پالپ ۱۰٪ ۱۱۳
- شکل ۴-۴- تاثیر دانسیته پالپ بر بازیابی مس در محیط کشت 9K و تلقیح باکتریایی ۱۰٪ ۱۱۳
- شکل ۴-۵- تغییرات غلظت آهن محیط با دانسیته پالپ ۱٪ ۱۱۴
- شکل ۴-۶- تغییرات غلظت آهن محیط با دانسیته پالپ ۵٪ ۱۱۴
- شکل ۴-۷- تغییرات غلظت آهن محیط با دانسیته پالپ ۱۰٪ ۱۱۴
- شکل ۴-۸- تاثیر دانسیته پالپ بر تغییرات غلظت آهن در محیط کشت 9K و تلقیح باکتریایی ۱۰٪ ۱۱۴
- شکل ۴-۹- تغییرات پتانسیل اکسیداسیون-احیا و pH محیط با دانسیته پالپ ۱٪ ۱۱۵
- شکل ۴-۱۰- تغییرات پتانسیل اکسیداسیون-احیا و pH محیط با دانسیته پالپ ۵٪ ۱۱۵
- شکل ۴-۱۱- تغییرات پتانسیل اکسیداسیون-احیا و pH محیط با دانسیته پالپ ۱۰٪ ۱۱۵
- شکل ۴-۱۲- تاثیر دانسیته پالپ بر تغییرات پتانسیل اکسیداسیون-احیا در محیط کشت 9K و تلقیح باکتریایی ۱۰٪ ۱۱۵

- شکل ۴-۱۳- تغییرات غلظت و بازیابی مس در محیط کشت 9K با دانسیته پالپ ۰.۵٪
- شکل ۴-۱۴- تغییرات غلظت و بازیابی مس در محیط کشت HP با دانسیته پالپ ۰.۵٪
- شکل ۴-۱۵- تغییرات غلظت و بازیابی مس در محیط کشت Noritis با دانسیته پالپ ۰.۵٪
- شکل ۴-۱۶- تغییرات غلظت و بازیابی مس در محیط کشت D₁ با دانسیته پالپ ۰.۵٪
- شکل ۴-۱۷- تغییرات غلظت و بازیابی مس در محیط کشت D₂ با دانسیته پالپ ۰.۵٪
- شکل ۴-۱۸- تاثیر نوع محیط کشت بر بازیابی مس در محیط با دانسیته پالپ ۰.۵٪
- شکل ۴-۱۹- تغییرات غلظت آهن در محیط کشت 9K با دانسیته پالپ ۰.۵٪
- شکل ۴-۲۰- تغییرات غلظت آهن در محیط کشت HP با دانسیته پالپ ۰.۵٪
- شکل ۴-۲۱- تغییرات غلظت آهن در محیط کشت Noritis با دانسیته پالپ ۰.۵٪
- شکل ۴-۲۲- تغییرات غلظت آهن در محیط کشت D₁ با دانسیته پالپ ۰.۵٪
- شکل ۴-۲۳- تغییرات غلظت آهن در محیط کشت D₂ با دانسیته پالپ ۰.۵٪
- شکل ۴-۲۴- تاثیر نوع محیط کشت بر تغییرات غلظت آهن در محیط با دانسیته پالپ ۰.۵٪
- شکل ۴-۲۵- تغییرات پتانسیل اکسیداسیون-احیا در محیط کشت 9K با دانسیته پالپ ۰.۵٪
- شکل ۴-۲۶- تغییرات پتانسیل اکسیداسیون-احیا در محیط کشت HP با دانسیته پالپ ۰.۵٪
- شکل ۴-۲۷- تغییرات پتانسیل اکسیداسیون-احیا در محیط کشت Noritis با دانسیته پالپ ۰.۵٪
- شکل ۴-۲۸- تغییرات پتانسیل اکسیداسیون-احیا در محیط کشت D₁ با دانسیته پالپ ۰.۵٪
- شکل ۴-۲۹- تغییرات پتانسیل اکسیداسیون-احیا در محیط کشت D₂ با دانسیته پالپ ۰.۵٪
- شکل ۴-۳۰- تاثیر نوع محیط کشت بر تغییرات پتانسیل اکسیداسیون-احیا در محیط با دانسیته پالپ ۰.۵٪
- شکل ۴-۳۱- مقایسه میزان مصرف اسید محیط کشت‌های مختلف با کتریایی
- شکل ۴-۳۲- تغییرات پتانسیل اکسیداسیون-احیا محیط شاهد (فاقد باکتری) با دانسیته پالپ ۰.۵٪
- شکل ۴-۳۳- تغییرات بازیابی و غلظت مس محیط با تلقیح ۰.۵٪، دانسیته پالپ ۰.۵٪ و محیط کشت 9K
- شکل ۴-۳۴- تغییرات بازیابی و غلظت مس محیط با تلقیح ۱۰٪، دانسیته پالپ ۰.۵٪ و محیط کشت 9K
- شکل ۴-۳۵- تاثیر میزان تلقیح باکتریایی بر بازیابی مس در محیط با دانسیته پالپ ۰.۵٪ و محیط کشت 9K
- شکل ۴-۳۶- تغییرات غلظت آهن محیط با تلقیح ۰.۵٪، دانسیته پالپ ۰.۵٪ و محیط کشت 9K
- شکل ۴-۳۷- تغییرات غلظت آهن محیط با تلقیح ۱۰٪، دانسیته پالپ ۰.۵٪ و محیط کشت 9K
- شکل ۴-۳۸- تاثیر میزان تلقیح باکتریایی بر غلظت آهن در محیط با دانسیته پالپ ۰.۵٪ و محیط کشت 9K
- شکل ۴-۳۹- تغییرات پتانسیل اکسیداسیون-احیا محیط با تلقیح باکتریایی ۰.۵٪، دانسیته پالپ ۰.۵٪ و محیط کشت 9K
- شکل ۴-۴۰- تغییرات پتانسیل اکسیداسیون-احیا محیط با تلقیح باکتریایی ۱۰٪، دانسیته پالپ ۰.۵٪ و محیط کشت 9K

- شکل ۴-۴۱- تاثیر میزان تلقیح باکتریایی بر پتانسیل اکسیداسیون-احیا در محیط با دانسیته پالپ ۵٪ و محیط کشت 9K ۱۲۵
- شکل ۴-۴۲- تغییرات بازیابی و غلظت مس محیط با دانسیته پالپ ۱۰٪ در حضور ۴۲ گرم بر لیتر سولفات آهن ۱۲۶
- شکل ۴-۴۳- تغییرات بازیابی و غلظت مس محیط با دانسیته پالپ ۱۰٪ در حضور ۲۶ گرم بر لیتر سولفات آهن ۱۲۶
- شکل ۴-۴۴- تغییرات بازیابی و غلظت مس محیط با دانسیته پالپ ۱۰٪ در حضور ۱۰ گرم بر لیتر سولفات آهن ۱۲۶
- شکل ۴-۴۵- تاثیر افزودن مقادیر مختلف سولفات آهن بر بازیابی مس در محیط با دانسیته پالپ ۱۰٪ ۱۲۶
- شکل ۴-۴۶- تغییرات بازیابی و غلظت مس محیط با دانسیته پالپ ۱۰٪ در حضور ۲۰ گرم بر لیتر پیریت ۱۲۷
- شکل ۴-۴۷- تغییرات بازیابی و غلظت مس محیط با دانسیته پالپ ۱۰٪ در حضور ۱۰ گرم بر لیتر پیریت ۱۲۷
- شکل ۴-۴۸- تاثیر افزودن مقادیر مختلف پیریت بر بازیابی مس در محیط با دانسیته پالپ ۱۰٪ ۱۲۷
- شکل ۴-۴۹- تاثیر افزودن مقادیر مختلف پیریت و سولفات آهن بر بازیابی مس در محیط با دانسیته پالپ ۱۰٪ ۱۲۸
- شکل ۴-۵۰- تاثیر افزودن مقادیر مختلف پیریت و سولفات آهن بر پتانسیل اکسیداسیون-احیا در محیط با دانسیته پالپ ۱۰٪ ۱۲۸
- شکل ۴-۵۱- تغییرات پتانسیل اکسیداسیون-احیا محیط با دانسیته پالپ ۵٪، محیط کشت 9K و میزان تلقیح باکتریایی ۱۰٪ در بیوراکتور ۵۰ لیتری ۱۲۹
- شکل ۴-۵۲- تغییرات بازیابی و غلظت مس محیط با دانسیته پالپ ۵٪، محیط کشت 9K و میزان تلقیح باکتریایی ۱۰٪ در بیوراکتور ۵۰ لیتری ۱۲۹
- شکل ۴-۵۳- تغییرات اسیدیته پالپ محیط با دانسیته پالپ ۵٪، محیط کشت 9K و میزان تلقیح باکتریایی ۱۰٪ در بیوراکتور ۵۰ لیتری ۱۲۹
- شکل ۴-۵۴- تغییرات نسبت یون فریک به یون فرو محیط با دانسیته پالپ ۵٪، محیط کشت 9K و میزان تلقیح باکتریایی ۱۰٪ در بیوراکتور ۵۰ لیتری ۱۳۰
- شکل ۴-۵۵- تغییرات پتانسیل اکسیداسیون-احیا محیط با دانسیته پالپ ۱۰٪، محیط کشت 9K و میزان تلقیح باکتریایی ۱۰٪ در بیوراکتور ۵۰ لیتری ۱۳۰
- شکل ۴-۵۶- تغییرات بازیابی و غلظت مس محیط با دانسیته پالپ ۱۰٪، محیط کشت 9K و میزان تلقیح باکتریایی ۱۰٪ در بیوراکتور ۵۰ لیتری ۱۳۰
- شکل ۴-۵۷- تغییرات نسبت یون فریک به یون فرو محیط با دانسیته پالپ ۱۰٪، محیط کشت 9K و میزان تلقیح باکتریایی ۱۰٪ در بیوراکتور ۵۰ لیتری ۱۳۱
- شکل ۴-۵۸- تغییرات اسیدیته پالپ محیط با دانسیته پالپ ۱۰٪، محیط کشت 9K و میزان تلقیح باکتریایی ۱۳۱