

کمیته پایان نامه ارشد
شیراز

۱۳۸۰ / ۱۰ / ۲۶

بسم الله الرحمن الرحيم

تخلیص اکسید مولیبدنیوم حاصل از تشویق کنسانتره مولیبدنیت مجتمع مس سرچشمه
به روش لیچینگ

بوسیله
کبری صالحی

پایان نامه

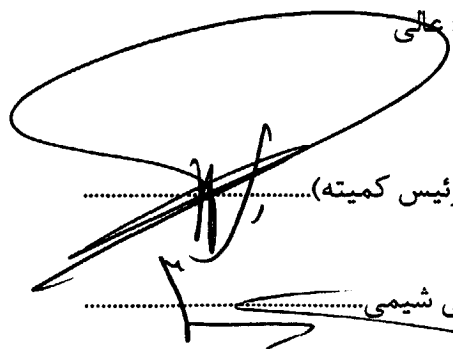
ارائه شده به دانشکده تحصیلات تکمیلی به عنوان بخشی از فعالیتهای تحصیلی لازم برای
اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته
مهندسی شیمی
از
دانشگاه شیراز
شیراز، ایران

015725

۳۸۷۶۰

ارزیابی و تصویب شده توسط کمیته پایان نامه با درجه: عالی
امضاء اعضاء کمیته پایان نامه:



دکتر داریوش مولا، استاد بخش مهندسی شیمی (رئیس کمیته)

دکتر جمشید فتحی کلجاهی، استاد بخش مهندسی شیمی

دکتر محمدرضا رحیم پور، استادیار بخش مهندسی شیمی

دکتر محمدحسین شریعت، استاد بخش مهندسی مواد

مهرماه ۱۳۸۰

۳۸۷۶۰

تقدیریم:

اسوه تقوی و تواضع، گذشت و ایثار

شادروان پدرم

انگوی تمام عیار شکیبایی و استقامت

مادرم

همسر و فرزندم

به پاس همراهی و همدلیشان

و دیگر اعضای خانوادهام به پاس همکاریهای صمیمانهشان

و همه کسانی که دوستشان دارم.

سیاسگزاری

اکنون که به یاری خداوند منان این رساله را به پایان رسانیده‌ام، لازم می‌دانم از زحمات بی‌شائبه و همکاریهای صمیمانه جناب آقای دکتر داریوش مولا در تمام مراحل انجام پایان‌نامه تشکر و قدردانی کنم. همچنین از راهنماییهای ارزشمند اساتید محترم: دکتر جمشید فتحی، دکتر محمدرضا رحیم پور و دکتر محمدحسین شریعت کمال تشکر را دارم. بر خود واجب می‌دانم که از همکاریهای صمیمانه و دلسوزانه سرکار خانم مهندس سارا کیانی که همواره زحمات و راهنماییهای ایشان به دانشجویان به ویژه اینجانب در انجام پایان‌نامه‌های آزمایشگاهی از دیدها پنهان مانده است نهایت سپاس و تشکر را داشته باشم. در پایان از همکاریهای بی‌دریغ آقایان دکتر محمد علی آبادی، مهندس باقری، مهندس همتیان، چهره نگاران و ازدیری و تمام کسانی که به نحوی در مراحل انجام این کار همکاری نمودند تشکر می‌نمایم.

چکیده

تخلیص اکسید مولیبدنیوم حاصل از تشویه کنسانتره مولیبدنیت مجتمع مس

سرچشمه به روش لیچینگ

توسط

کبری صالحی

یکی از بزرگترین و مهمترین منابع فلزی موجود در ایران، معادن سنگ معدن مس سرچشمه کرمان است که برای تولید مس، این سنگ معدن در شرکت مس سرچشمه تحت عملیات قرار می‌گیرد. در این واحد، مقدار قابل توجهی کنسانتره مولیبدنیت (سولفید مولیبدن) به عنوان محصول فرعی فرآیند تولید می‌گردد. مولیبدن که یک فلز با ارزش با کاربردهای مختلف در صنایع می‌باشد، بایستی از این سولفید مولیبدن بازیابی شود. برای این منظور ابتدا کنسانتره مولیبدنیت در دمای ۶۰۰-۵۵۰ درجه سانتیگراد تشویه شده و به تری اکسید مولیبدن تبدیل می‌گردد. محصول تشویه تحت فرآیند لیچینگ قرار گرفته تا تری اکسید مولیبدن از دیگر ناخالصیها جدا گردد.

هدف از این تحقیق مدل سازی سینتیکی لیچینگ آمونیاکی تری اکسید مولیبدن ناخالص که از تشویه کنسانتره مولیبدنیت مجتمع مس سرچشمه حاصل می‌گردد می‌باشد. برای این منظور اثر اندازه ذرات، دمای عملیاتی و غلظت محلول آمونیاک روی سرعت فرآیند بررسی شده، مدل هسته ترکیب نشده برای سیستم انتخاب گردید. انرژی فعالسازی بالای فرآیند (۶۷/۳ کیلو ژول بر مول) نشان داد که واکنش سطحی کنترل کننده سرعت فرآیند لیچینگ تری اکسید مولیبدن بوده و درجه واکنش نسبت به غلظت آمونیاک برابر با ۰/۷۳ حاصل گردید. در پایان یک برنامه کامپیوتری برای مدل یک راکتور ناپیوسته ارائه شد که نتایج حاصل از مدل با نتایج آزمایشگاهی موافقت خوبی را نشان داد.

به علاوه اثر پراکسید هیدروژن و دی اتیل آمین بر سرعت این فرآیند مورد مطالعه قرار گرفت و معلوم گردید که اضافه کردن پراکسید هیدروژن به سیستم مذکور در شرایط معینی روی سرعت لیچینگ بسیار مؤثر است.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
ح	فهرست جداول
ط	فهرست اشکال
ک	فهرست علائم اختصاری
	فصل اول مقدمه
۱	۱-۱- مقدمه
۳	۲-۱- منابع مولیبدن در طبیعت
۴	۳-۱- ترکیبات شیمیایی مولیبدن
۶	۴-۱- موارد استفاده مولیبدن و ترکیبات آن
۷	۵-۱- مراحل تهیه مولیبدن یا تری اکسید آن از معادن مولیبدنیت
۷	۱-۵-۱- بازیابی مولیبدنیت از سنگ معدن اولیه
۹	۲-۵-۱- تهیه مولیبدن یا اکسید آن از کنسانتره مولیبدنیت
۱۲	۳-۵-۱- تخلیص تری اکسید مولیبدن صنعتی یا تجاری
۱۳	۱-۳-۵-۱- خالص سازی MoO_3 به روش تصعید
۱۴	۲-۳-۵-۱- خالص سازی MoO_3 به روش هیدرومتالورژی
۲۱	۶-۱- خواص فیزیکی تری اکسید مولیبدن خالص
۲۱	۷-۱- هدف
	فصل دوم تئوری لیچینگ
۲۲	۱-۲- مقدمه
۲۲	۲-۲- تعریف لیچینگ
۲۳	۳-۲- موارد استفاده لیچینگ
	۴-۲- انواع فرآیندهای لیچینگ مورد استفاده در صنایع استخراج
۲۴	فلزات
	۵-۲- روشهای عملیاتی و تجهیزات مورد استفاده در انجام فرآیندهای
۲۶	لیچینگ

	۶-۲-حلالهای لیچینگ و انتخاب حلال مناسب برای لیچینگ یک
۳۳	جامد
۳۳	۷-۲-اثر دما بر فرآیند لیچینگ
۳۳	۸-۲-مکانیزم لیگینگ
	فصل سوم مروری بر تحقیقات گذشته
۳۵	۱-۳-مقدمه
۳۵	۲-۳-شرح فرآیند لیچینگ آمونیاکی تری اکسید مولیبدن
	۳-۳-مروری بر تحقیقات گذشته روی لیچینگ آمونیاکی تری اکسید
۳۹	مولیبدن
	فصل چهارم مدل سازی سینتیکی لیچینگ آمونیاکی تری اکسید
	مولیبدن
۴۶	۱-۴-مقدمه
	۲-۴-واکنشهای سیال-جامد و مدل‌های پیشنهاد شده برای این
۴۶	واکنشها
	۱-۲-۴-مدل‌های پیشنهادی برای واکنشهایی که در آنها ابعاد
۴۷	جامد تغییر نمی‌کند
	۲-۲-۴-مدل پیشنهادی برای واکنشی که در آن ابعاد جامد
۴۹	کوچک شود
۴۹	۳-۴-انتخاب مدل مناسب جهت یک فرآیند لیچینگ
۵۰	۴-۴-معادلات سرعت در مدل هسته ترکیب نشده
۵۶	۵-۴-اثر اندازه ذرات بر میزان تبدیل
۵۶	۶-۴-نحوه تعیین مرحله کنترل کننده در واکنشهای سیال-جامد
	۷-۴-پیش بینی مدل سینتیکی برای سیستم لیچینگ آمونیاکی تری
۵۷	اکسید مولیبدن
۵۸	۸-۴-مدل سازی یک راکتور ناپیوسته
	فصل پنجم آزمایشات
۶۰	۱-۵-مقدمه

۶۰	۵-۲-تهیه تری اکسید مولیبدن
۶۰	۵-۳-تعیین جرم ویژه جامد
۶۱	۵-۴-تعیین اندازه ذرات
۶۲	۵-۵-تعیین غلظت محلول آمونیاک
۶۳	۵-۶-تعیین درصد تری اکسید مولیبدن
۶۴	۵-۷-دستگاه آزمایش و نحوه انجام آزمایشات
۶۵	۵-۸-تهیه محلول استاندارد
۶۵	۵-۹-آزمایشات انجام شده
	فصل ششم نتایج و بحث
۶۷	۶-۱-مقدمه
۶۷	۶-۲-نتایج حاصل از آزمایشات
۸۱	۶-۳-برنامه کامپیوتری
۸۷	۶-۴-بحث و نتیجه گیری
۸۸	۶-۵-پیشنهادات
۸۹	مراجع
۹۴	عنوان و چکیده بزبان انگلیسی

فهرست جداول

صفحه	جدول
۳	(۱-۱) میزان تولید و تقاضا برای چند فلز مختلف در ایالات متحده آمریکا
۱۹	(۲-۱) آنالیز محصول تشویه مولیبدنیت مجتمع مس سرچشمه
۲۰	(۳-۱) مقایسه محصول لیچینگ آمونیاکی و تصعید جهت یک نمونه کلسین
	(۱-۳) نتایج حاصل از لیچینگ آمونیاکی یک کنسانتره مولیبدنیت در شرایط
۴۴	متفاوت طی ۲ ساعت در یک تانک بسته
۶۲	(۱-۵) آنالیز تری اکسید مولیبدن حاصل از تشویه مولیبدنیت مجتمع مس
	سرچشمه بر اساس اندازه ذرات
	(۲-۵) آنالیز کنسانتره مولیبدنیت و تری اکسید مولیبدن مجتمع مس
۶۳	سرچشمه

فهرست اشکال

صفحه		شکل
۸	سیستم مورد استفاده در فرآیند شناورسازی سولفید مولیبدن	(۱-۱)
۱۲	دستگاه تخلیص تری اکسید مولیبدنیوم به روش تصعید	(۲-۱)
۱۵	فرآیند تخلیص تری اکسید مولیبدن به روش لیچینگ با سودااش	(۳-۱)
۱۷	لیچینگ مولیبدن از کنسانتره حاوی Scheelite و Powelite توسط اسید کلریدریک	(۴-۱)
۱۸	فرآیند لیچینگ مولیبدن از باقیمانده معادن اکسیدی آن توسط اسید سولفوریک	(۵-۱)
۲۵	سیستم لیچینگ آزمایشگاهی به وسیله مافوق صوت	(۱-۲)
۲۷	انواع تانک لیچینگ همزندار	(۲-۲)
۲۸	تانک پاچوکا	(۳-۲)
۳۰	تانک غلیظ کننده Dorr-Oliver	(۴-۲)
۳۱	تانک استخراج Bonotto	(۵-۲)
۳۱	تانک استخراج Kennedy	(۶-۲)
۳۲	تانک استخراج Rotocel	(۷-۲)
۳۸	فرآیند تخلیص تری اکسید مولیبدنیوم به روش هیدرومتالورژی شامل لیچینگ آمونیاکی	(۱-۳)
۴۷	مدل تبدیل پیش رونده	(۱-۴)
۴۸	مدل هسته ترکیب نشده	(۲-۴)
۴۹	مدل پیشنهادی برای ذره جامد کوچک شونده	(۳-۴)
۵۴	مدل هسته ترکیب نشده Braun و همکارانش	(۴-۴)
۶۳	تغییرات pH آمونیاک بر حسب حجم اسید کلریدریک ۰/۲ نرمال اضافه شده	(۱-۵)
۶۵	دستگاه مورد استفاده در لیچینگ آمونیاکی تری اکسید مولیبدن در مقیاس بنچ	(۲-۵)

۶۸	اثر اندازه ذرات بر میزان تبدیل تری اکسید مولیبدن	(۱-۶)
۶۸	نمودار تغییرات $1-(1-x)^{1/3}$ بر حسب زمان	(۲-۶)
۷۰	اثر دما بر میزان تبدیل تری اکسید مولیبدن	(۳-۶)
	نمودار تغییرات N_B (تعداد مول تبدیل شده تری اکسید مولیبدن) بر حسب زمان	(۴-۶)
۷۰	نمودار آرنیوس بر حسب دما	(۵-۶)
۷۱	اثر غلظت آمونیاک بر میزان تبدیل تری اکسید مولیبدن	(۶-۶)
۷۲	نمودار تغییرات N_B (تعداد مول تبدیل شده تری اکسید مولیبدن) بر حسب زمان	(۷-۶)
۷۳	تغییرات سرعت اولیه فرآیند بر حسب غلظت آمونیاک در مقیاس لگاریتمی	(۸-۶)
۷۳	نمودار آرنیوس بر حسب دما برای محاسبه k_0	(۹-۶)
۷۵	اثر pH بر میزان تبدیل تری اکسید مولیبدن	(۱۰-۶)
۷۷	اثر دی اتیل آمین بر میزان تبدیل تری اکسید مولیبدن	(۱۱-۶)
۷۸	اثر پراکسید هیدروژن بر میزان تبدیل تری اکسید مولیبدن	(۱۲-۶)
۷۹	اثر پراکسید هیدروژن بر میزان تبدیل تری اکسید مولیبدن در غلظتهای مختلف آمونیاک	(۱۳-۶)
۷۹	اثر پراکسید هیدروژن بر میزان تبدیل تری اکسید مولیبدن در دمای $35^\circ C$	(۱۴-۶)
۸۰	اثر پراکسید هیدروژن بر میزان تبدیل تری اکسید مولیبدن در دمای $45^\circ C$	(۱۵-۶)
۸۰	چگونگی روند محاسبات در برنامه کامپیوتری	(۱۶-۶)
۸۳	مقایسه نتایج حاصل از مدل و نتایج تجربی برای دماهای مختلف	(۱۷-۶)
۸۴	مقایسه نتایج حاصل از مدل و نتایج تجربی برای غلظتهای متفاوت آمونیاک	(۱۸-۶)
۸۵	مقایسه نتایج حاصل از مدل و نتایج تجربی برای دو وزن مختلف از جامد	(۱۹-۶)

- (۲۰-۶) مقایسه نتایج حاصل از مدل و نتایج تجربی برای غلظت ۰/۲۵ مول بر لیتر آمونیاک در دمای ۳۵ °C
۸۶
- (۲۱-۶) مقایسه نتایج حاصل از مدل و نتایج تجربی برای غلظت ۰/۵ مول بر لیتر آمونیاک در دمای ۲۵ °C
۸۶

فهرست علائم اختصاری

علامت	توضیح
a	درجه فرآیند نسبت به غلظت آمونیاک
C_A	غلظت ماده مؤثر حلال (mol/lit)
D_e	ضریب نفوذ سیال در جامد (m^2/s)
E	انرژی فعالسازی (J/mol یا kJ/mol)
k_c	ضریب انتقال جرم ($min^{-1}-(cm^2)^{-1}$)
k و k_s	ثابت واکنش ($mol/min-cm^2-(mol/lit)^n$)
k_0	ثابت آرنیوس ($mol/min-cm^2-(mol/lit)^n$)
m	وزن جامد (g)
M_B	جرم مولکولی جامد (g/gmol)
N	نرمالیت آمونیاک (eq/lit)
N_A	تعداد مول ماده مؤثر حلال
N_B	تعداد مول جامد مطلوب
r	شعاع ذرات در مختصات کروی (cm)
r_c	شعاع هسته ترکیب نشده (cm)
R	شعاع اولیه ذرات (cm)
R_g	ثابت عمومی گازها (J/mol-K یا kJ/mol-K)
S_c	سطح هسته ترکیب نشده (cm^2)
S_{ex}	سطح خارجی ذرات جامد (cm^2)
t	زمان (min)
T	دما (K)
V	حجم محلول (lit)
	حروف یونانی
x	کسر تبدیل شده جامد مطلوب
ρ	جرم ویژه جامد (g/cm^3)
ω	کسر وزنی ماده مطلوب در جامد

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

کلمه مولیبدینا در حقیقت نام لاتین سرب در زبان یونانی است که ارسطو و دیگران از آن برای نامیدن ترکیبات حاوی سرب مانند گرافیت و مولیبدنیت (که در آن زمان آنها را ترکیباتی از سرب می دانستند) استفاده می کردند [۱,۲].

بطور کلی از زمان ارسطو یعنی ۳۵۰ سال قبل از میلاد مسیح تا قرن هفدهم کلماتی از قبیل Graphite، Plumbago، Galena و molybdaena برای بیان ترکیبات سرب سیاه بکار می رفتند تا اینکه در قرن هفدهم معلوم شد گرافیت و مولیبدینا حاوی ترکیبات سرب نبوده و طی آزمایشهایی به این نتیجه رسیدند که مولیبدینا یک نوع سولفید روی است [۱,۲].

در سال ۱۷۷۸ یک دانشمند و شیمیست سوئدی بنام Carl Wilhem Scheele ماهیت مولیبدنیت (که مولیبدینا نیز نامیده می شد) را کشف کرد. او دریافت که مولیبدنیت می تواند با اسید نیتریک و در حضور حرارت، یک محصول سفیدرنگ (که همان اسیدمولیبدیک است) تشکیل دهد در حالیکه گرافیت دارای چنین خاصیتی نیست. از همان زمان آزمایشهایی برای بدست آوردن مولیبدن از مولیبدنیت انجام گرفت و در سال ۱۷۸۱ (یا ۱۷۸۲) دانشمند دیگری بنام Peter Jacob Hjelm با حرارت دادن اسیدمولیبدیک در مجاورت کربن، ذرات بسیار ریز و پودری شکل فلز مولیبدن را بدست آورد و آن را مولیبدنیوم نامید اما بدلیل عدم وجود امکانات برای ایجاد دماهای بالا و ذوب پودر مذکور نتوانست قطعات سخت و محکم فلز مولیبدن را بدست آورد [۱,۲].

بعد از آن زمان بیش از ۱۰۰ سال تقریباً تحقیقات روی این عنصر متوقف شد تا اینکه در سال ۱۸۹۳ شیمیستهای آلمانی طی آزمایشهایی توانستند مولیبدیت کلسیم را بوسیله کربن احیا کرده و بعد از جداسازی آهک (Ca(OH)_2) حاصل به وسیله اسیدکلریدریک، فلز مولیبدن نسبتاً خالص (با درجه خلوص ۹۶٪) را حاصل کنند. در همان زمان بود که فلز مذکور جانشین تنگستن در آلیاژهای فولاد گردید و یک سال بعد، (در سال ۱۸۹۴) در فرانسه ورقه های جوشن از مولیبدن تولید شد و مورد استفاده قرار گرفت. طولی نکشید که یک شیمیست فرانسوی بنام Henri Moissan موفق به تهیه

این فلز با درصد خلوص ۹۹/۹۸٪ گردید و خواص فیزیکی و جرم اتمی آن را نیز تعیین کرد [۱،۲].

در اواخر قرن هیجدهم معادن مولیبدنیت در نروژ و در اواخر قرن نوزدهم معادن مولیبدنیت در استرالیا و ایالات متحده آمریکا کشف گردید [۲].

طی جنگ جهانی اول بدلیل استفاده از مولیبدن در تهیه سلاحهای جنگی، میزان تولید و مصرف این فلز افزایش قابل ملاحظه ای یافت و بین سالهای ۱۹۲۰-۱۹۱۲ فرآیندهای شناورسازی جهت بازیابی و جداسازی مولیبدنیت از معادن اولیه مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت [۲].

در سال ۱۹۲۰ استفاده از این فلز در تولید قطعات یدکی اتومبیلها آغاز شد و فلز مذکور جایگاه ویژه ای در صنعت پیدا کرد. در سال ۱۹۲۴ معادن کلیماکس در کلسورادو که از منابع بسیار مهم این فلز در جهان به شمار می رود به بهره برداری رسید و در سال ۱۹۳۳ بازیابی مولیبدنیت از معادن مس در مکزیک و سونورا توسط Guy Ruggles انجام شد. طی جنگ جهانی دوم (سالهای ۱۹۴۵-۱۹۳۸) نیز میزان مصرف مولیبدنیوم در سلاحهای جنگی افزایش یافت [۱،۲].

اکنون که بیش از دو قرن از کشف فلز مولیبدن و بیش از نیم قرن از کاربرد مؤثر آن در صنایع مختلف می گذرد، فلز مذکور به عنوان یک عنصر مفید و مؤثر در گستره وسیعی از صنایع مورد استفاده قرار گرفته و آمریکای شمالی و جنوبی با تولید بیش از دو سوم مولیبدن ایالات متحده، به عنوان منابع اصلی تولید کننده مولیبدن در جهان به شمار می روند [۱،۲]. البته به جرأت می توان گفت با گذشت زمان میزان تولید مولیبدن جوابگوی نیازهای صنعتی و شیمیایی نمی باشد. به عنوان مثال جدول (۱-۱) میزان تولید و تقاضا برای فلزات مختلف را در سالهای ۲۰۰۰، ۱۹۸۵، ۱۹۷۰ در ایالات متحده آمریکا نشان می دهد که از آن می توان به افزایش شدید مصرف مولیبدن در مقایسه با تولید آن پی برد [۳].

جدول (۱-۱): میزان تولید و تقاضا در سالهای مختلف برای چند فلز در ایالات متحده آمریکا [۳]

نام فلز	تقاضا یا تولید	تقاضا (۱۹۷۰)	تولید (۱۹۷۰)	تقاضا (۱۹۸۵)	تولید (۱۹۸۵)	تقاضا (۲۰۰۰)	تولید (۲۰۰۰)
آلومنیوم (تن)	۳۹۵۱	۵۸۳	۱۱۵۰۰	۴۹۰	۲۶۴۰۰	۵۰۳	
مس (تن)	۱۵۷۲	۱۷۲۰	۲۹۰۰	۱۹۱۰	۵۴۰۰	۲۳۸۰	
منیزیم (تن)	۹۶	۱۱۲	۲۳۵	۱۱۵	۵۸۰	۱۴۲	
مولیبدن (۱۰۰۰ پوند)	۴۹۱۰۴	۱۱۱۳۵۲	۹۶۵۰۰	۱۴۰۰۰۰	۱۸۸۰۰۰	۱۸۴۰۰۰	
نیکل (۱۰۰۰ پوند)	۳۱۱۴۰۰	۳۰۶۰۰	۴۹۲۲۰۰	۶۰۰۰۰	۷۷۰۰۰۰	۸۴۹۰۰	
روی (تن)	۱۳۰۲	—	۱۸۲۰	۵۰۰	۳۰۰۰	۴۸۶	

۱-۲- منابع مولیبدن در طبیعت

اولین و مهمترین منابع مولیبدنیوم در طبیعت معادن مولیبدنیت است که در آنها، سولفید مس و سولفید مولیبدن (مولیبدنیت) به صورت ذرات پراکنده در ساختمان سنگهای آذرین (که شامل کوارتز و فلدسپات می باشند) قرار گرفته اند [۲].

معادن مولیبدنیت در طبیعت به سه دسته تقسیم می شوند [۲]:

۱- معادنی که درصد سولفید مولیبدن در آنها بین ۰/۱ تا ۰/۵٪ است و معادن اصلی یا اولیه مولیبدنیت نامیده می شوند. معادن کلیماکس (Climax)، اوراد (Urad) و هندرسون (Henderson) در کلورادو (Colorado)، کوستا (Questa) در نیومکزیکو (New Mexico) و انداکو (Endako) در کلمبیا (British Columbia) از این دسته اند.

۲- معادنی که بیشتر حاوی سولفید مس بوده و مقدار مولیبدنیت موجود در آنها ۰/۱۵٪ تا ۰/۱٪ است و به عنوان معادن مس شناخته می شوند. متوسط درصد مس در این معادن ۰/۶۵۶٪ و مولیبدن ۰/۰۲٪ است و معادن ثانویه مولیبدنیت نیز به شمار می روند. درصد مس قابل بازیابی این معادن ۸۰ و مولیبدن ۴۰ تا ۶۵٪ است و معمولاً هر چه میزان مس این معادن کمتر باشد درصد مولیبدن قابل بازیابی بیشتر است [۱، ۲].