

صلى الله عليه وسلم



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده شیمی

**جداسازی و پیش تغلیظ یون مس در محلول های آبی از طریق استخراج  
فاز جامد با استفاده از لیگاند Mebqb تثبیت شده بر روی بسترهای  
نفثالین و گرافیت**

پایان نامه کارشناسی ارشد شیمی تجزیه

الهام صادقی

استاد راهنما

پروفسور بهزاد رضایی

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات  
و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه  
متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
هشت	فهرست مطالب.....
سیزده	فهرست شکل ها.....
پانزده	فهرست جداول.....
۱	چکیده.....
	<b>فصل اول: خواص فیزیکی و شیمیایی، کاربردها و اندازه گیری مس</b>
۲	۱-۱- تاریخچه مس.....
۳	۲-۱- خواص مس.....
۳	۱-۲-۱- خواص شیمیایی.....
۳	۲-۲-۱- خواص فیزیکی.....
۴	۳-۲-۱- خواص اتمی.....
۴	۴-۲-۱- خواص دیگر.....
۴	۳-۱- شیمی مس.....
۴	۱-۳-۱- اثر اسیدها بر روی مس.....
۴	۲-۳-۱- آلیاژهای مس.....
۵	۳-۳-۱- وجود مس در طبیعت.....
۵	۴-۱- توزیع مس در محیط زیست.....
۵	۱-۴-۱- مس در آب های طبیعی.....
۶	۲-۴-۱- مس در خاک.....
۷	۳-۴-۱- مس در گیاهان.....
۷	۴-۴-۱- مس در مواد غذایی.....
۷	۵-۱- کاربردهای مس.....
۸	۱-۵-۱- مصارف برقی مس.....
۸	۲-۵-۱- الکترونیک و ارتباطات.....
۸	۳-۵-۱- ساختمان و عمارت.....
۹	۴-۵-۱- حمل و نقل.....

۹	..... ۵-۵-۱- لوازم و ماشین آلات صنعتی
۹	..... ۶-۵-۱- استفاده‌های از ترکیبات مس در کشاورزی
۱۰	..... ۷-۵-۱- مصرف‌کننده و محصولات عمومی
۱۰	..... ۶-۱- نقش مس در حیات
۱۰	..... ۱-۶-۱- نقش مس در گیاهان
۱۱	..... ۲-۶-۱- نقش مس در انسان و جانوران
۱۱	..... ۷-۱- بیماری‌های ناشی از قرارگیری در معرض مس
۱۲	..... ۸-۱- حد مجاز مس در آب
۱۳	..... ۹-۱- روش‌های تجزیه‌ای اندازه‌گیری مس
۱۴	..... ۱۰-۱- مروری بر کارهای انجام گرفته بر روی پیش‌تخلیظ و اندازه‌گیری مس با روش استخراج فاز جامد

#### فصل دوم: استخراج فاز جامد

۱۷	..... ۱-۲- مقدمه
۱۷	..... ۱-۱-۲- اهمیت آماده‌سازی نمونه
۱۸	..... ۲-۱-۲- ارزیابی روش‌های جداسازی
۱۸	..... ۲-۲- استخراج فاز جامد
۲۱	..... ۳-۲- تاریخچه استخراج فاز جامد
۲۱	..... ۴-۲- مراحل استخراج فاز جامد
۲۲	..... ۱-۴-۲- آماده‌سازی
۲۳	..... ۲-۴-۲- جذب آنالیت
۲۴	..... ۳-۴-۲- شویش گونه‌های مزاحم
۲۴	..... ۴-۴-۲- شویش آنالیت
۲۵	..... ۵-۲- انواع جاذب‌ها
۲۵	..... ۱-۵-۲- جاذب‌های معدنی
۲۵	..... ۱-۵-۲- الف- سیلیکاژل
۲۶	..... ۱-۵-۲- ب- سیلیکاژل‌های پیوند شده با C۱۸
۲۶	..... ۵-۲- ج- اکسیدهای معدنی دیگر
۲۶	..... ۲-۵-۲- جاذب‌های آلی

۲۷	..... ۲-۵-۲-آ-جاذب‌های پلیمری
۲۸	..... ۲-۵-۲-ب-جاذب‌های غیر پلیمری
۲۹	..... ۲-۶-ستون‌ها و ابزارهای استخراج فاز جامد
۳۰	..... ۲-۶-۱-کارت‌تریج
۳۱	..... ۲-۶-۲-دیسک
۳۱	..... ۲-۶-۳-استوانه‌های سرنگ
۳۱	..... ۲-۷-انواع استخراج فاز جامد
۳۲	..... ۲-۸-۱-مکانیسم و انواع شیوه‌های برهم‌کنش
۳۲	..... ۲-۸-۱-۱-فاز نرمال
۳۴	..... ۲-۸-۲-فاز معکوس
۳۵	..... ۲-۸-۳-اندازه‌طردي
۳۵	..... ۲-۸-۴-تبادل یون
۳۷	..... ۲-۸-۵-شیوه‌ترکیبی
۳۷	..... ۲-۹-پارامترهای مؤثر بر استخراج فاز جامد
۳۸	..... ۲-۱۰-مشکلات روش استخراج فاز جامد
۳۸	..... ۲-۱۰-۱-شستشوی ناقص
۳۹	..... ۲-۱۰-۲-رسوخ آنالیت
۳۹	..... ۲-۱۰-۳-گونه‌های مزاحم
۴۰	..... ۲-۱۱-کاربردهای استخراج فاز جامد در پیش‌تخلیظ عناصر
۴۱	..... ۲-۱۲-هدف و ویژگی‌های این پروژه
<b>فصل سوم: بخش تجربی</b>	
۴۲	..... ۳-۱-مواد شیمیائی و محلول‌های مورد نیاز
۴۳	..... ۳-۲-دستگاه‌ها و ابزار مورد استفاده
۴۴	..... ۳-۳-تهیه‌گرافیت پوشیده شده با Mebqb
۴۴	..... ۳-۴-بهبودسازی عوامل مؤثر در پیش‌تخلیظ مس (II)
۴۴	..... ۳-۴-۱-اثر pH نمونه بر جذب مس (II)
۴۶	..... ۳-۴-۲-اثر سرعت عبور نمونه بر جذب مس (II)

- ۴۷ ..... ۳-۴-۳- بررسی شوینده مناسب جهت خروج مس (II).....
- ۴۷ ..... ۳-۴-۵- اثر غلظت شوینده بر بازیابی مس (II).....
- ۴۸ ..... ۳-۴-۳- اثر سرعت جریان شوینده بر بازیابی مس (II).....
- ۴۹ ..... ۳-۴-۴- اثر حجم محلول شوینده بر بازیابی مس (II).....
- ۵۰ ..... ۳-۵-۵- ارقام شایستگی روش برای پیش تغلیظ مس (II).....
- ۵۰ ..... ۳-۵-۱- حد تشخیص.....
- ۵۱ ..... ۳-۵-۲- فاکتور تغلیظ.....
- ۵۱ ..... ۳-۵-۳- تکرار پذیری.....
- ۵۲ ..... ۳-۵-۴- ظرفیت جاذب.....
- ۵۳ ..... ۳-۵-۵- تعداد دفعات استفاده از ستون.....
- ۵۳ ..... ۳-۵-۶- انتخابگری.....
- ۵۴ ..... ۳-۶-۶- آنالیز نمونه‌های حقیقی.....
- ۵۵ ..... ۳-۶-۱- آب آشامیدنی دانشگاه صنعتی اصفهان.....
- ۵۶ ..... ۳-۶-۲- آب رودخانه زاینده رود.....
- ۵۷ ..... ۳-۶-۳- پساب صنعتی کارخانه فولاد مبارکه واحد قلع اندود.....
- ۵۹ ..... ۳-۷-۷- تهیه نفتالین پوشیده شده با Mebqb.....
- ۵۹ ..... ۳-۸-۸- بهینه سازی عوامل مؤثر در پیش تغلیظ مس (II).....
- ۵۹ ..... ۳-۸-۱- اثر pH بر جذب مس (II).....
- ۶۰ ..... ۳-۸-۲- اثر سرعت عبور نمونه بر جذب مس (II).....
- ۶۱ ..... ۳-۸-۳- بررسی شوینده مناسب جهت خروج مس (II).....
- ۶۱ ..... ۳-۸-۴- اثر غلظت شوینده بر بازیابی مس (II).....
- ۶۳ ..... ۳-۸-۵- اثر حجم محلول شوینده بر بازیابی مس (II).....
- ۶۳ ..... ۳-۹-۹- ارقام شایستگی روش برای پیش تغلیظ مس (II).....
- ۶۳ ..... ۳-۹-۱- حد تشخیص.....
- ۶۴ ..... ۳-۹-۲- فاکتور تغلیظ.....
- ۶۴ ..... ۳-۹-۳- تکرار پذیری.....
- ۶۴ ..... ۳-۹-۴- ظرفیت جاذب.....

۶۵	..... ۳-۹-۵- تعداد دفعات استفاده از ستون
۶۵	..... ۳-۹-۶- انتخابگری
۶۶	..... ۳-۱۰-۱- آنالیز نمونه های حقیقی
۶۷	..... ۳-۱۰-۱- آب آشامیدنی دانشگاه صنعتی اصفهان
۶۸	..... ۳-۱۰-۲- آب رودخانه زاینده رود
۶۹	..... ۳-۱۰-۳- پساب صنعتی کارخانه فولاد مبارکه واحد گالوانیزه
	<b>فصل چهارم : بحث و نتیجه گیری</b>
۷۰	..... ۴-۱- مقدمه
۷۱	..... ۴-۲- مقایسه دو بستر گرافیت و نفتالین
۷۲	..... ۴-۳- انتخاب لیگاند
۷۳	..... ۴-۴- عوامل مؤثر بر پیش تغلیظ مس (II) با بستر گرافیت
۷۴	..... ۴-۵- عوامل مؤثر بر پیش تغلیظ مس (II) با بستر نفتالین
۷۶	..... ۴-۶- مقایسه با سایر روش ها
۷۸	<b>مراجع</b>



فصل دوم: استخراج فاز جامد

شکل ۱-۲: مراحل مختلف استخراج فاز جامد.....	۲۳
شکل ۲-۲: نمودار دسته‌بندی جاذب‌های معدنی.....	۲۵
شکل ۳-۲: انواع مختلف ابزارهای استخراج فاز جامد.....	۳۰
شکل ۴-۲: مکانیسم جذب فاز نرمال در استخراج فاز جامد.....	۳۴
شکل ۵-۲: مکانیسم جذب فاز معکوس در استخراج فاز جامد.....	۳۵
شکل ۶-۲: تأثیر pH در جداسازی مولکول‌های آلی.....	۳۷

فصل سوم: بخش تجربی

شکل ۱-۳: اثر pH بر جذب مس (II).....	۴۵
شکل ۲-۳: اثر سرعت جریان نمونه بر جذب مس (II).....	۴۶
شکل ۳-۳: اثر غلظت محلول شوینده بر بازیابی مس (II).....	۴۸
شکل ۴-۳: اثر سرعت جریان شوینده بر بازیابی مس (II).....	۴۹
شکل ۵-۳: اثر حجم محلول شوینده بر بازیابی مس (II).....	۵۰
شکل ۶-۳: منحنی جذب مس توسط جاذب (غلظت ۱۰/۰ ppm).....	۵۳
شکل ۷-۳: نمودار افزایش استاندارد اندازه‌گیری مس (II) در آب آشامیدنی دانشگاه صنعتی اصفهان.....	۵۶
شکل ۸-۳: نمودار افزایش استاندارد اندازه‌گیری مس (II) در آب رودخانه زاینده رود اصفهان.....	۵۷
شکل ۹-۳: نمودار افزایش استاندارد اندازه‌گیری مس (II) در پساب صنعتی کارخانه فولاد مبارکه.....	۵۸
شکل ۱۰-۳: اثر pH بر جذب مس (II).....	۶۰
شکل ۱۱-۳: اثر سرعت جریان نمونه بر جذب مس (II).....	۶۱
شکل ۱۲-۳: اثر غلظت محلول شوینده بر بازیابی مس (II).....	۶۲
شکل ۱۳-۳: جذب مس در غلظت ۴/۰ ppm.....	۶۵
شکل ۱۴-۳: نمودار افزایش استاندارد اندازه‌گیری مس (II) در آب آشامیدنی دانشگاه صنعتی اصفهان.....	۶۷
شکل ۱۵-۳: نمودار افزایش استاندارد اندازه‌گیری مس (II) در آب رودخانه زاینده رود اصفهان.....	۶۸
شکل ۱۶-۳: نمودار افزایش استاندارد اندازه‌گیری مس (II) در پساب صنعتی کارخانه فولاد مبارکه واحد گالوانیزه.....	۶۹

فصل چهارم: بحث و نتیجه‌گیری

۷۱	..... شکل ۴-۱ ساختار سه بعدی گرافیت
۷۱	..... شکل ۴-۲ ساختار نفتالین
۷۲	..... شکل ۴-۳: ساختار لیگاند Meqb

## فهرست جدول‌ها

### جدول

صفحه

#### فصل اول: خواص فیزیکی و شیمیایی، کاربردها و اندازه‌گیری مس

- جدول ۱-۱: آلیاژهای مس و مواد تشکیل دهنده..... ۵
- جدول ۱-۲: کانی‌های مهم مس و درصد فراوانی مس در هر کدام..... ۶

#### فصل دوم: استخراج فاز جامد

- جدول ۱-۲: روش‌های استخراج و خالص‌سازی نمونه..... ۱۹
- جدول ۲-۲: تاریخچه استخراج فاز جامد..... ۲۲
- جدول ۲-۳: مزایا و معایب استخراج فاز جامد در خط و خارج از خط..... ۳۳
- جدول ۲-۴: پارامترهای موثر بر استخراج فاز جامد..... ۳۸

#### فصل سوم: بخش تجربی

- جدول ۱-۳: اثر pH بر بازداری مس (II)..... ۴۵
- جدول ۲-۳: اثر سرعت جریان نمونه بر جذب مس (II)..... ۴۶
- جدول ۳-۳: اثر غلظت محلول شوینده بر بازیابی مس (II)..... ۴۷
- جدول ۴-۳: اثر سرعت جریان شوینده بر بازیابی مس (II)..... ۴۸
- جدول ۵-۳: اثر حجم محلول شوینده بر بازیابی مس (II)..... ۴۹
- جدول ۶-۳: درصد انحراف استاندارد نسبی برای پنج اندازه‌گیری تکراری..... ۵۱
- جدول ۷-۳: ظرفیت جذب در زمان‌های مختلف..... ۵۲
- جدول ۸-۳: تعداد دفعات استفاده از ستون..... ۵۴
- جدول ۹-۳: بررسی اثر مزاحمت برخی گونه‌های یونی..... ۵۴
- جدول ۱۰-۳: اندازه‌گیری مس (II) در آب آشامیدنی دانشگاه صنعتی اصفهان..... ۵۵
- جدول ۱۱-۳: اندازه‌گیری مس (II) در آب رودخانه زاینده رود اصفهان..... ۵۷
- جدول ۱۲-۳: اندازه‌گیری مس (II) در پساب صنعتی کارخانه فولاد مبارکه واحد قلع اندود..... ۵۸
- جدول ۱۳-۳: اثر pH بر بازداری مس (II)..... ۶۰
- جدول ۱۴-۳: اثر سرعت عبور نمونه بر جذب مس (II)..... ۶۱
- جدول ۱۵-۳: اثر غلظت فاز شوینده بر بازیابی مس (II)..... ۶۲
- جدول ۱۶-۳: بررسی اثر مزاحمت برخی گونه‌های یونی..... ۶۶

جدول ۳-۱۷: اندازه گیری مس (II) در آب آشامیدنی دانشگاه صنعتی اصفهان..... ۶۷

جدول ۳-۱۸: اندازه گیری مس (II) در آب رودخانه زاینده رود..... ۶۸

جدول ۳-۱۹: اندازه گیری مس (II) در پساب صنعتی کارخانه فولاد مبارکه واحد گالوانیزه..... ۶۹

#### فصل چهارم: بحث و نتیجه گیری

جدول (۴-۱): مقایسه این تحقیق با سایر روش های پیش تغلیظ اندازه گیری یون مس..... ۷۷

## چکیده

در این پژوهش دو روش برای استخراج و پیش تغلیظ یون مس از طریق استخراج فاز جامد ارائه شده است. این روش‌ها بر اساس تشکیل کمپلکس مس (II)، با Mebqb جذب شده روی دو بستر گرافیت و نفتالین پایه گذاری شده است. شرایط تهیه فاز جامد و بازیابی کمی مس (II) مورد مطالعه قرار گرفتند. یون مس ابتدا در مرحله جذب مس روی بستر پیش تغلیظ شد، سپس توسط محلول شوینده‌ی مناسب شسته شده و مقدار آن توسط اسپکترومتری جذب اتمی شعله تعیین شد. برای بستر گرافیت تحت شرایط بهینه، یون‌های مس در نمونه‌های آبی توسط ستون تا ۲۰۰ برابر تغلیظ شدند، انحراف استاندارد نسبی برای پنج اندازه گیری مستقل برای محلول‌های مس با غلظت ۰/۱ و ۰/۵ میکروگرم بر میلی لیتر به ترتیب ۲/۰ و ۲/۳٪ بود. برای بستر گرافیت تحت شرایط بهینه، یون‌های مس در نمونه‌های آبی توسط ستون تا ۲۰۰ برابر تغلیظ شدند و انحراف استاندارد نسبی برای سه اندازه گیری مستقل برای محلول‌های مس با غلظت ۰/۵ میکروگرم بر میلی لیتر ۲/۴٪ به دست آمد. حد تشخیص برای مس در این دو روش ۰/۰۰۱ میکروگرم بر میلی لیتر بود. مس موجود در نمونه‌های آب شیر و آب رودخانه و پساب صنعتی کارخانه فولاد مبارکه، برای هر دو روش تجزیه‌ای با بازیابی ۱۰۵٪-۹۲٪ برای بستر گرافیت و بازیابی ۱۰۳٪-۹۸٪ برای بستر نفتالین همراه بود که نشان از توانایی بالای هر دو روش برای آنالیز نمونه‌های حقیقی است.

**کلمات کلیدی:** استخراج فاز جامد، جداسازی، پیش تغلیظ، اندازه گیری مس، اسپکتروسکوپی جذب اتمی

## فصل اول

### خواص فیزیکی و شیمیایی، کاربردها و اندازه‌گیری مس

#### ۱-۱- تاریخچه مس

مس را یونانیان تحت عنوان Chalkos می‌شناختند. چون مقدار زیادی از این فلز در قبرس استخراج می‌شد رومیان آنرا Cyprium می‌نامیدند. بعدها این کلمه به فرم ساده تر cuprum درآمد و در نهایت انگلیسی شده و به لغت Copper تبدیل شد [۱].

مس برای بعضی از تمدن‌های قدیمی، شناخته شده بود. تاریخ استفاده از آن حداقل به ۱۰۰۰۰ سال پیش می‌رسد. در طول دوره‌ی ماقبل تاریخ کالکولیتیک ابرگرفته از واژه کالکوس (کلمه یونانی معادل مس) انسان دریافت که چگونه مس را استخراج کند و از آن تزئینات و ابزارآلات بسازد. نزدیک به ۵۰۰۰ سال، مس تنها فلز شناخته شده توسط بشر بود. مشاهدات باستان‌شناسی نشان می‌دهد که قدمت استفاده از مس به عنوان وسیله‌ای زینتی در غرب آسیا مربوط به ده هزار سال قبل می‌باشد. آویزه‌ی مسی متعلق به ۸۷۰۰ سال قبل از میلاد یکی از قدیمی‌ترین آثار مسی است که در شمال عراق کنونی پیدا شده است. در ایران مس با قدمت شش هزارساله کشف شده است.

مس اولین فلزی است، که به طور خالص و طبیعی مورد استفاده بشر قرار گرفت. وجود مس به صورت طبیعی و ویژگی مطلوب سهولت شکل پذیری یا چکش خواری این فلز با ابزار ابتدایی که امکان ساخت ابزار صنعتی، زینت آلات، لوله و مخازن آب، سکه، شمشیر، مجسمه و مانند آن را در دوران باستان فراهم می نمود این فلز را به صورت مهم ترین ماده در توسعه تمدن بشر در آورد. مدارک موجود نشان می دهد تا اواخر سال های ۱۸۰۰ میلادی - کاربرد مس به طور نسبی محدود بوده است. با اختراع داینامو، تلگراف، تلفن، برق و خطوط انتقال نیرو در اواخر قرن نوزدهم، سیم به یک محصول نهایی بسیار با اهمیت تبدیل شد و فلز مس به عنوان یک هادی صنعتی مهم از توجه بسیار برخوردار شد [۱].

در اسطوره شناسی و کیمیاگری فلز مس با الهه های آفرودیت و ونوس پیوند دارد. همچنین در کیمیاگری علامتی را که برای مس در نظر گرفته بودند، علامت سیاره ی زهره هم بود. [۱]

در قرون وسطی، مس و آلیاژ آن برنز در چین، هند و ژاپن رونق یافتند. اکتشافات و اختراعات مرتبط با برق و مغناطیس در اواخر قرن هجدهم و اوایل قرن نوزدهم که توسط دانشمندانی چون آمپر، فارادی و اهم صورت گرفت، و محصولات ساخته شده از مس به آغاز انقلاب صنعتی و سوق دادن مس به عصری جدید کمک کرد. امروزه مس به ایفای نقش خود به عنوان فراهم آورنده ی نیازهای اجتماع ادامه می دهد [۱].

## ۱-۲- خواص مس

خواص مس در چهار بخش خواص شیمیایی، خواص فیزیکی، خواص اتمی و خواص دیگر مس به صورت جداگانه مورد بررسی قرار می گیرد.

### ۱-۲-۱- خواص شیمیایی

مس یکی از عناصر جدول تناوبی است که نماد عنصری آن Cu و عدد اتمی آن ۲۹ می باشد. مس از فلزات واسطه در جدول تناوبی به حساب می آید. مس در ترکیبات خود، دارای عدد اکسایش ۱+ و ۲+ است. افزون بر این، اتم مس تحت شرایط مناسبی با از دست دادن الکترون های خود، عددهای اکسایش ۳+ هم به دست می آورد. در هر حال، مس در مهم ترین ترکیب های خود، عدد اکسایش ۲+ را دارد [۲].

### ۱-۲-۲- خواص فیزیکی

مس جامدی است با نقطه ذوب  $1357/6 \text{ K}$  ( $1984^\circ \text{F}$ )، نقطه جوش  $2840 \text{ K}$  ( $4653^\circ \text{F}$ )، گرمای تبخیر  $300/3 \text{ kJ/mol}$ ، گرمای هم جوشی  $13/05 \text{ kJ/mol}$  و فشار بخار  $0/0505$  پاسکال در دمای  $1358 \text{ K}$  است [۲].

### ۱-۲-۳- خواص اتمی

مس دارای عدد اتمی ۲۹، در گروه یازدهم و دوره تناوب چهارم قرار دارد. وزن اتمی مس  $63/536 \text{ amu}$ ، شعاع اتم  $145 \text{ pm}$ ، شعاع کووالانسی  $138 \text{ pm}$ ، شعاع واندروالس  $140 \text{ pm}$  و ساختار الکترونی  $Ar[3d^{10} 4s^1]$  ساختار کریستالی مکعبی، مکعب مرکز وجوه پرمی باشد [۲].

### ۱-۲-۴- خواص دیگر

خواص دیگر مس عبارتند از: الکتروننگاتیویته  $1/9$  درجه پائولینگ، ظرفیت گرمایی ویژه  $380 \text{ J/kgK}$ ، رسانایی الکتریکی  $10659/6$  اهم بر متر، رسانایی گرمایی  $401 \text{ W/mK}$ ، اولین پتانسیل یونیزاسیون  $745/0 \text{ kJ/mol}$ ، دومین پتانسیل یونیزاسیون  $1957/9 \text{ kJ/mol}$ ، سومین پتانسیل یونیزاسیون  $3555 \text{ kJ/mol}$  و چهارمین پتانسیل یونیزاسیون  $5536 \text{ kJ/mol}$  [۲].

### ۱-۳-۱- شیمی مس

مس فلزی نسبتاً نرم و قرمز رنگ است. می توان آن را به صورت ورق و مفتول در آورد. رسانایی الکتریکی و گرمایی آن زیاد است. مس از نظر رسانایی الکتریکی، بعد از نقره قرار دارد. (رسانایی الکتریکی نقره از تمام فلزها بیشتر است). سطح مس در هوای مرطوب از یک لایه کربنات بازی سبز رنگ پوشیده می شود [۳].

### ۱-۳-۱-۱- اثر اسیدها بر روی مس

محلول های رقیق هیدروکلریک اسید و سولفوریک اسید بر مس که در سری الکتروشیمیایی در زیر هیدروژن قرار دارد، اثر نمی کنند، اما مس در اسید نیتریک رقیق و غلیظ و همچنین اسید سولفوریک غلیظ به واسطه اثر اکسید کنندگی زیاد آن ها حل می شود. مس از هیدروسیانیک اسید غلیظ، هیدروژن آزاد می کند و احتمالاً عامل انجام این واکنش، تمایل زیاد مس (I) برای تشکیل کمپلکس با یون سیانید است [۳].

### ۱-۳-۲- آلیاژهای مس



مس به سهولت با پاره ای از فلزهای دیگر، آلیاژ تشکیل می‌دهد. آلیاژهای مس کاربردهای زیادی دارند. آلیاژهای مس در جدول ۱-۱ به همراه مواد تشکیل دهنده هر کدام ذکر شده است [۴].

جدول ۱-۱: آلیاژهای مس و مواد تشکیل دهنده [۴]

نام آلیاژ	مواد تشکیل دهنده
برنج	مس، روی، قلع، سرب و منگنز
برنز	مس، روی، قلع، سرب و فسفر
مفرغ	مس و قلع
نقره آلمانی	مس، روی و نیکل
سکه نیکلی	مس و نیکل
نقره استرلینگ	مس و نقره
طلا (۱۴ و ۱۸ عیار)	مس، طلا و نقره

### ۱-۳-۳- وجود مس در طبیعت

مس در طبیعت فراوان نیست (بیست و پنجمین عنصر پوسته زمین از نظر فراوانی) ولی به صورت فلز، در سولفیدها، ارسنیدها، کلریدها و کربنات‌ها پراکنده است [۴]. جدول ۱-۲ کانی‌های مهم مس و در صد فراوانی مس در هر کدام را نشان می‌دهد [۴].

### ۱-۴-۱- توزیع مس در محیط زیست

مس از راه‌های مختلفی وارد محیط زیست می‌شود که در زیر به طور مختصر آمده است.

#### ۱-۴-۱-۱- مس در آب‌های طبیعی

ترکیب‌های مس در آب‌های طبیعی به مقدار اندک وجود دارند. راه‌های ورود ترکیبات مس به آب‌های جاری بیشتر بر اثر پساب‌های کارخانه‌های استخراج مس، استفاده از لوله‌های مسی برای انتقال آب، استفاده از برخی نمک‌های مس مانند سولفات مس برای از بین بردن رشد جلبک‌ها در مخزن‌های ته نشینی در فرایند تصفیه آب، دراستخرهای شنا و یا به عنوان آفت کش در کشاورزی است [۵].

جدول ۱-۲: کانی‌های مهم مس و در صد فراوانی مس در هر کدام [۴]

درصد مس	فرمول	نام کانی
۱۰۰	Cu	مس خالص
۵۷/۵	$\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$	مالاکیت
۵۵/۳	$\text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2$	آزوریت
۳۰-۳۶	$\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	کریزوکلا
۸۸/۸	$\text{Cu}_2\text{O}$	کوپریت
۷۹/۹	CuO	تنوریت
۷۹/۹	$\text{Cu}_2\text{S}$	کالکوزیت
۶۶/۵	CuS	کولیت
۳۴/۶	$\text{CuFeS}_2$	کالکوپریت

#### ۱-۴-۲- مس در خاک

مس به صورت یون قابل تبادل در ذرات خاک و به مقدار کم در محلول خاک موجود است. مس بر اثر جذب سطحی به سختی روی ذرات رس چسبیده است و قابلیت جایگزینی آن با دیگر کاتیون‌ها کم است. به همین دلیل بهترین طریق اصلاح کمبود مس در خاک استفاده از کلات‌های مس است. مقدار کل مس موجود در خاک‌ها معمولاً کمتر از ۵۰ ppm است. در خاک‌های شنی مس توسط آب، شسته شده و مقدار آن به سطح بسیار پائینی می‌رسد. در خاک‌هایی که قبلاً توسط ترکیبات مس، محلول پاشی صورت گرفته است، مقدار مس ممکن است به حد سمی برسد. البته خاک‌ها به علت دارا بودن تمایل قوی برای جذب سطحی مس آزاد، به صورت یک بافر عمل می‌نمایند و مقدار این عنصر را از سطح سمی کاهش می‌دهند. کمبود مس را می‌توان به وسیله‌ی کلات‌هایی، نظیر دی اتیل تری آمین پنتا استات مس اصلاح کرد [۵]. وقتی مس با خاک ترکیب می‌شود، ارتباط تنگاتنگی با مواد آلی و مواد معدنی خاک برقرار می‌کند [۲]. مس قادر است فعالیت خاک‌ها را مختل کند چراکه تاثیری منفی بر فعالیت میکروارگانیسم‌ها و گرم‌های خاک دارد. به همین خاطر تجزیه‌ی مواد آلی ممکن است به نحو بارزی کاهش یابد [۵].

### ۱-۴-۳- مس در گیاهان

در خاک‌های غنی از مس تنها تعداد محدودی از گیاهان از شانس بقا برخوردارند. به همین دلیل است که در نزدیکی کارخانه‌های مس گیاهان گوناگون چندانی وجود ندارد. مس به خاطر اثرات مخربش بر روی گیاهان تهدیدی جدی برای تولیدات مزارع است. مس بسته به اسیدیته خاک و حضور مواد آلی، به طور جدی قادر است ادامه کار مزارع را تحت تاثیر قرار دهد. علی‌رغم این، کودهای حاوی مس هنوز مورد استفاده قرار می‌گیرند. محتوی مس اغلب گیاهان بین ۲ تا ۲۰ ppm متغیر است [۵].

میزان مطلوب مس در حدود ۲ تا ۱۰ ppm در ماده خشک گیاه است. مس در فتوستنتز و همچنین در ترکیب پروتئین کلروپلاست نقش دارد. مس به عنوان یک آنزیم فعال‌کننده شناخته شده است. توقف رشد گیاهان و زرد شدن برگ‌های پیر از علائم کمبود مس است. همچنین در رشد محصولات میوه‌ای تاثیر می‌گذارد به طوری که محصولات دارای کمبود مس، از حالت طبیعی کوچک‌تر هستند. غلظت مطلوب در محلول غذایی ۰/۰۰۱ تا ۰/۰۱ mg/L می‌باشد. میزان بیشتر از ۴ mg/L در محلول غذایی باعث شیوع بیماری‌های قارچی می‌شود [۵].

### ۱-۴-۴- مس در مواد غذایی

مس در محیط تجزیه نمی‌شود، به همین دلیل وقتی در خاک‌ها یافت می‌شود، می‌تواند در گیاهان و حیوانات هم جمع شود. از آنجا که انسان از گیاه و حیوانات تغذیه می‌کند، مس در بدن انسان هم راه می‌یابد. مس یکی از عناصر لازم در تغذیه انسان و دام است و به مقادیر کم در تولید هموگلوبین خون موثر است. به مقدار زیاد در اغذیه ایجاد عوارض و مسمومیت می‌نماید. وجود مس در شیر به عنوان کاتالیزور در تسریع اکسیداسیون چربی و تغییر طعم شیر موثر است و میزان 2ppm مس در شیر و یا کره، مدت نگهداری این مواد را کاهش می‌دهد. همچنین وجود مس در میوه‌ها و سبزی‌های کسروشده، میزان ویتامین C موجود در آن‌ها را کاهش می‌دهد [۵].

### ۱-۵- کاربردهای مس

مس و آلیاژهای آن در صورت‌های مناسب به خوبی کشیده شده و به ورق تبدیل می‌شوند. مس ضمن آنکه از خاصیت نرمی و شکل‌پذیری خوبی برخوردار است، قابل آلیاژ شدن با درجات مختلف سختی می‌باشد. ویژگی‌های مذکور آنچنان دامنه وسیعی از کاربرد برای مس و آلیاژهای آن ایجاد کرده است که در کلیه ماشین‌آلات و تجهیزات صنعتی و خانگی، وسایل حمل و نقل، صنایع نظامی به نوعی حضور یافته و مقدار مصرف آن طی کمتر از یک قرن در حدود ۲۰ برابر افزایش یافته است. از جمله کاربردهای آن می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

### ۱-۵-۱- مصارف برقی مس

صنعت برق یکی از بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان مس است زیرا مس بهترین فلز ارزان برای انتقال برق است [۳]. قدرت استثنایی مس، که انعطاف پذیری و مقاومت در برابر خوردگی است، آن را به ارجح‌ترین و ایمن‌ترین انتقال‌دهنده برای ساخت سیم تبدیل کرده است [۶۱].

### ۱-۵-۲- الکترونیک و ارتباطات

کاربرد فیبر نوری در خطوط اصلی ارتباطات به انقلابی در صنعت ارتباطات از راه دور منجر شده است. علی‌رغم کنار گذاشتن مس در بخشی از نظام توزیع، نیاز به مس در اجتماعاتی که با سیم به هم متصل می‌شوند افزایش یافته است. مس هنوز انتقال‌دهنده‌ی مناسبی برای بخش‌های انتهایی مسیر انتقال است. همچنین خطوط اشتراک داخلی، شبکه‌های محلی، کامپیوترهای شخصی و سایر سخت‌افزارها همگی به مس و آلیاژهای آن، بخصوص اتصال‌دهنده‌ها نیازمندند [۶۱].

### ۱-۵-۳- ساختمان و عمارت

علاوه بر جذابیت بام‌های مسی، مقاومت آن‌ها در برابر شرایط سخت هوایی بسیار معروف است. در اکثر ساختمان‌های عمومی، ساختمان‌های تجاری و خانه‌ها از مس برای مقاومت در برابر آب باران و بام‌سازی استفاده می‌شود. جلای سبز رنگ و تاثیرگذاری که نمای کلاسیکی از گرمی و زیندگی به مس اعطا می‌کند، حاصل آب و هوای طبیعی است. سیستم‌های آب‌رسانی و گرمایی مسی مشخصه‌ای از ایمنی ارزشمند در ساختمان‌هاست. مس و برنج موادی هستند که در لوله‌کشی، شیرهای آب، سوپاپ‌ها و وسایل منزل به کار می‌روند. مس برخلاف لوله پلاستیکی نمی‌سوزد، ذوب نمی‌شود یا در صورت بروز آتش سوزی گازهای سمی یا زیان‌آور آزاد نمی‌کند. لوله‌های مس همچنین از سیستم‌های آب‌رسانی در برابر باکتری‌های مرگبار مثل لیجیونلا محافظت می‌کند. استفاده از دستگیره‌ها و بشقاب‌های مسی متضمن استفاده از خواص ثبات زیستی مس و ممانعت از انتقال بیماری و میکروب است [۶۱].