مس و کانسارهای آن

نوشته : دکتر فرانک فیضی

تاریخچه

مس اولین فلزی است که توسط بشر شناخته شد و تاریخ شناخت آن به هزار سال قبل از میلاد می‌رسد. با این که به عقیدهٔ برخی از محققان زمان شناسایی آن با طلا برابر است، ولی به دلیل فراوانی بیش‌تر و وجود قطعات بزرگ مس طبیعی (Native Cupper) در طبیعت، احتمال دارد که این فلز زودتر از طلا کشف و مورد استفاده قرار گرفته باشد. بر مبنای شواهد به دست آمده، ذوب کانی‌های مس‌دار برای بدست آوردن مس اولین بار ۳۵۰۰ سال قبل از میلاد در ایلام و در شمال خاوری درهٔ فرات انجام شده است. از آثار برجای مانده چنین استنباط می‌شود که معدنچیان در ایران باستان، مس خالص طبیعی (مس چکشی) و مس اکسیده را که بیش‌تر در سطح زمین یافت می‌شد، خرد و سپس ذوب می‌کردند و چون طرز ذوب کانی‌های سولفوره را نمی‌دانستند، در برخورد با چنین معادنی، از استخراج آن‌ها صرفنظر می‌کردند. این آثار نشان می‌دهند که نواحی شمال آذربایجان، شیراز، بلوچستان و جنوب خراسان، مشهد، سبزوار، کرمان، ناحیهٔ انارک و کوه‌های کرکس کاشان و البرز از قدیمی‌ترین منابع تهیهٔ مس بوده‌اند. به طور کلی توسعهٔ صنعت مس را در ماقبل تاریخ به ۳ مرحله تقسیم می‌کنند (بازین و هوبنر ـ کانسارهای مس ایران).

مرحلهٔ اول: حدود ۶ هزار سال قبل از میلاد و اواخر هزارهٔ پنجم قبل از میلاد

مرحلهٔ دوم: اواخر هزارهٔ چهارم

مرحلهٔ سوم: هزارهٔ چهارم و سوم

در مرحلهٔ اول مس از مس طبیعی و طی مراحل چکش‌کاری، گرم کردن، ذوب کردن و احیا به دست می‌آمد. در مرحلهٔ دوم، از کانی‌های اکسیدی و کربناته به وسیلهٔ احیاء و ذوب با ذغال چوب و در مرحلهٔ سوم، از کانی‌های سولفورهٔ مس تولید می‌شد. ابزارهای مسی به دست آمده از هزارهٔ چهارم قبل از میلاد، مقادیری از عناصر طلا، نقره، سرب، آرسنیک، آنتیموان، آهن، نیکل و قلع دارند که این خود نشان می‌دهد، به طور اتفاقی به آلیاژهای مختلف مس دست یافته‌اند.

معدنکاری مس در ایران با کارهای زمین‌شناسی از سال‌های ۱۲۵۴ تا ۱۲۵۹ به طور اساسی آغاز می‌شود. در سال ۱۳۱۵ به دلیل نیاز ارتش به ساخت مهمات، استخراج مس از معدن انارک و عباس‌آباد آغاز و کارخانهٔ ذوب مس غنی‌آباد بنیان گذاشته شد.

اولین معادن مس انتخابی برای استخراج و سرمایه‌گذاری، بایچه‌باغ در زنجان، طالمسی، مسکنی در انارک و عباس‌آباد در شاهرود بودند. در دههٔ ۱۳۴۰ یک سلسله مطالعات زمین‌شناسی در ناحیهٔ سرچشمه آغاز و در سال ۱۳۵۱ شرکت سهامی معادن سرچشمه با سرمایهٔ دولتی تشکیل شد و با شرکت آمریکایی آناکاندا قراردادی منعقد کرد. تا سال ۱۳۵۷ تقریباً ۹۷ درصد از کارهای ساختمانی مجتمع انجام گرفت. پس از

پیروزی انقلاب اسلامی و آغاز جنگ تحمیلی، به دلیل شرایط اقتصادی موجود، فعالیت بسیاری از معادن، به جز سرچشمه و قلعه‌زری متوقف شد. پس از پایان جنگ یا همزمان با شروع دوره‌های سازندگی، کانسارهای مس کشور مجدداً مورد توجه واقع شدند و معادن شناخته شده مانند چهارگنبد و کانسارهای بزرگ همچون میدوک و سونگون وارد مرحلهٔ اکتشاف تفصیلی شدند که درحال راه‌اندازی هستند.

خواص شیمیایی

مس اولین عنصر زیرگروه Ib جدول تناوبی است که سایر فلزات سکه‌ساز از قبیل طلا و نقره نیز در این گروه قرار دارند. اتم مس ساختمان الکترونی $4s^1$ و $3d^{10}$ و $3p^6$ و $3s^2$ و $2p^6$ و $2s^2$ و $1s^2$ دارد. به دلیل حضور تک الکترون در لایهٔ چهارم، این الکترون به راحتی از مس جدا و درنتیجه یون مس تشکیل می‌شود.

وزن اتمی مس ۶۳/۵۴۶ است و ۲ ایزوتوپ پایدار دارد؛ Cu^{63} با ۲۹ پروتون و ۳۴ نوترون و Cu^{65} با ۲۹ پروتون و ۳۶ نوترون. مس همچنین ۹ ایزوتوپ ناپایدار دارد که عدد جرمی آنها به ترتیب ۶۸، ۶۷، ۶۶، ۶۴، ۶۲، ۶۱، ۶۰، ۵۹ و ۵۸ و نیمه عمر آن‌ها به ترتیب ۳۰ دقیقه، ۶۱ ساعت، ۵/۱ دقیقه، ۱۲/۹ ساعت، ۹/۹ دقیقه، ۳/۳۳ ساعت، ۲۴ دقیقه، ۸۱ ثانیه و ۳/۲ ثانیه است.

پتانسیل استاندارد یونیزه شدن $Cu \rightarrow Cu^{2+}$ برابر با ۰/۳۴±۰/۰۱ ولت در محلول یونیزه نرمال در دمای $25^{\circ}C$ است.

اکی والانت الکتروشیمیایی مس دوظرفیتی برابر با ۰/۰۰۰۳۲۹۴ است.

خواص فیزیکی

مس از نظر مقایسه‌ای فلزی سنگین به حساب می‌آید. وزن مخصوص جامد خالص آن ۸/۹۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب در دمای $20^{\circ}C$ است. نقطهٔ ذوب مس $1083 \pm 0/1^{\circ}C$ و نقطهٔ جوش نرمال آن $2595^{\circ}C$ است. ضریب انبساط خطی مس در دمای $20^{\circ}C$ برابر با $1/65 \times 10^{-5\circ}C$ است. مس پارامغناطیس ضعیف است و هدایت گرمایی و هدایت الکتریکی بالایی دارد.

خواص الکتریکی

مقاومت الکتریکی مس در واحد حجم برابر $1/673 \times 10^{-6}$ اهم سانتی‌متر در دمای $20^{\circ}C$ است. مقاومت تودهٔ مس خالص به طول ۱ متر و وزن ۱ گرم در دمای $20^{\circ}C$ برابر ۰/۱۴۹۸۳ اهم است. بیش‌ترین استفاده مس در صنایع الکتریکی است. هدایت الکتریکی مس تجاری براساس درصد بیان می‌شود که به عنوان یک استاندارد توسط کمیسیون بین‌المللی الکترونیک در سال ۱۹۱۳ میلادی مورد قبول قرار گرفت. این استاندارد مقاومت ۰/۱۵۳۲۸ اهم است که به نسبت ۱۰۰ درجه‌بندی شده است و هدایت سایر نمونه‌ها براساس آن سنجیده می‌شود. این هدایت استاندارد IACS نام دارد. ضمناً مقاومت مس با افزایش دما بالا می‌رود.

خواص مکانیکی

مس بسیار محکم و مقاوم است. این مقاومت با قدرت کشیدگی بالا همراه است. خاصیت چکش‌خواری بسیار بالای مس از علل اهمیت استفاده از آن در صنعت است. مس سخت در مرحلهٔ آماده‌سازی به وسیلهٔ گرم و سرد کردن متناوب نرم می‌شود. مدول الاستیک مس در کشش برابر $ps16/5 \times 10^6$ است.

خواص بلورشناسی

مس در سیستم مکعبی و ردهٔ هگزاکیز تتراهدرال متبلور می‌شود. شبکهٔ تبلور مس، از مکعب با سطوح مرکزدار، و یا بستهٔ متراکم مکعبی تشکیل می‌شود. بلورهای مس غالباً به شکل قطعات طویل و یا رشته‌های منشعب ساقه‌مانند نمو می‌کنند و اکثراً از شکل افتادگی نشان می‌دهند.

فراوان‌ترین شکل‌های بلور مس عبارتند از: {۱۰۰} و {۱۱۰} و {۱۱۱} و {۲۱۰}. ماکل بلور مس در جهت {۱۱۱} و اکثراً از نوع تکراری است. این فلز به صورت‌های توده‌ای، دندریتی، مفتولی، ورقه‌ای، دانه‌ای و یا نامنظم دیده می‌شود.

مس دارای شکست تیز و قابلیت انبساط است. رنگ آن قرمز مسی و سطح خارجی آن غالباً تجزیه شده است. همچنین جلای فلزی و ضریب انکسار ۰/۶۴ برای نور سدیم و خط اثر قرمز مسی دارد.

کانی‌های مس

تا به حال بیش از ۱۷۰ نوع کانی مس‌دار شناخته شده است، ولی کانی‌هایی که اهمیت تجاری دارند بیش از ۱۷ نوع نیستند. از این میان می‌توان به کانی‌های کالکوپریت ($CuFeS_2$)، بورنیت (Cu_5FeS_4)، کالکوزین (Cu_2S)، کوولین (Cus) و کوپریت (Cu_2O) مالاکیت ($Cu_2CO_3(OH)_2$) و آزوریت ($Cu_3(CO_3)_2OH_2$) اشاره کرد.

آلیاژهای مس

یکی از مشخصات مهم مس توان آلیاژدهی پردامنهٔ آن با فلزات گوناگون است. مس در عین حال از محدود فلزاتی است که به صورت خالص، بیش از آلیاژ مورد استفاده قرار می‌گیرد.

با افزودن آلومینیوم، کرم، آهن، منگنز، نیکل، فسفر، سیلیسیم،

قلع و روی به مس استحکام آن بیش‌تر می‌شود و افزودن آلومینیوم، کادمیم، نقره و قلع مقاومت آن را در برابر سایش افزایش می‌دهد و آلیاژهای آن با آلومینیوم، آرسنیک، آهن، منگنز، نیکل، سیلسیم، قلع و روی مقاومت آن را در برابر خوردگی زیاد می‌کنند.

معروف‌ترین و پرکاربردترین آلیاژهای مس عبارتند از: مفرغ یا برنز که با افزودن قلع به مس به دست می‌آید و برنج که با افزودن روی به مس حاصل می‌شود.

به طور کلی، به عنوان آلیاژهای مهم می‌توان موارد زیر را نام برد: «مس ـ روی»، «مس ـ قلع»، «مس ـ روی ـ قلع»، «مس ـ روی ـ سرب»، «مس ـ روی ـ نیکل»، «مس ـ روی ـ منگنز»، «مس ـ قلع ـ فسفر»، «مس ـ آلومینیوم»، «مس ـ نیکل» و «مس ـ بریلیوم»

ژئوشیمی و پراکندگی مس

میانگین مقدار عنصر مس در پوستهٔ ۵۵PPM (ppm معادل گرم در تن) است. این مقدار در گرانیت‌ها ۱۳ppm و در سنگ‌های دیابازی معادل ۱۱۰ppm است. فراوانی عنصر مس، در دو دستهٔ مهم سنگ‌های رسوبی یعنی کربنات‌ها ۴ppm و شیل‌ها ۴۵ppm است.

توزیع عنصر مس در بافت خشک گیاهان دریا و خشکی به ترتیب ۱۱ppm و ۱۴ppm است. قابلیت تحرک نسبی عنصر مس در محیط‌های ثانویه (سوپرژن) در شرایط اکسیدکننده، متوسط و در شرایط اسیدی زیاد، در شرایط خنثی تا قلیایی خیلی کم تا بی‌تحرک و در شرایط احیاکننده خیلی کم تا بی‌تحرک است. به طور کلی تمرکز عنصر مس در سنگ‌های نفوذی اولترامافیک به همراه نیکل و در کانسارهای مس پورفیری سولفیدی و هیدروترمال به همراه طلا و نقره و برخی سنگ‌های دیگر صورت می‌گیرد.

کانسارهای مس معمولاً از نوع پورفیری و کمپلکس‌های سولفیدی پلی‌متال و اسکارنی است. در بعضی از کانسارها، مقادیری روی و مولیبدن با مس همراهند. در کانسارهای سولفیدی قلع و اسکارن‌های پلی‌متال و اسکارن‌های تنگستن، مولیبدنیوم و کانسارهای کروم در سنگ‌های اولترابازیک و کانسارهای پلاتین در این سنگ‌ها و همچنین در کانسارهای اورانیوم هیدروترمال مس به عنوان عنصر ردیاب در اکتشاف مطرح است. در کانسارهای سولفید توده‌ای مس از عنصر جیوه و در مس پورفیری و سولفیدی توده‌ای ازعناصر سرب و روی و در اسکارن‌ها و گرایزن‌ها از عناصر I و Br و F به عنوان عناصر ردیاب استفاده می‌شود.

کانه‌زایی مس در زمان و مکان

تقسیم‌بندی کانسارهای مس برحسب منشأ و زمان تشکیل آن‌ها به این ترتیب است:

۱. ذخایر پورفیری و اسکارن‌های همراه آن‌ها و رگه‌های گرمابی و ذخایر جانشینی در سنگ‌هایی که سن آن‌ها اغلب به دوران مزوزوئیک و ترشیاری برمی‌گردد.

۲. ذخایر همراه با سنگ‌های اولترامافیک، مافیک، اولترابازیک آلکالن و کربناتیت (مثل ذخایر افیولیتی در قبرس و کمپلکس کربناتیت پالابورا در جمهوری آفریقای جنوبی) که از دورهٔ پروتروزوئیک تا اواخر ترشیاری سن دارند.

۳. ذخایر ولکانیک و متاولکانیک مثل ذخایر کروکو در ژاپن، ذخایر سولفورهٔ فلزات پایه در آمریکا و کانادا و ذخایر، ماسیوسولفاید در بخش شرقی آمریکا. سن این گونه کانسارها بیش‌تر مربوط به دوران مزوزوئیک و ترشیاری است.

۴. ذخایر رسوبی و متاسدیمنتری مثل ذخایر کوپر شیفر و ذخایر موجود در کمربندهای مس زامبیاوزئیر؛ این گونه کانسارها در دوره‌های پروتروزوئیک و پالئوزوئیک فراوان هستند.

۵. رگه‌ها و توده‌های جانشینی همراه با سکانس‌های دگرگونی، مثل ذخایر مس همراه طلا و نقره در کمربند مس مونتانای غربی و ذخایر مختلف همراه با کمربندهای سنگ سبزآرکئن در استرالیای غربی و سپر کانادا.

کانسارهای اقتصادی مس

مهم‌ترین کانسارهای اقتصادی مس به چند دسته تقسیم می‌شوند. یک نوع دسته‌بندی مهم که توسط اسمیرنوف و همکارانش صورت گرفته است، این کانسارها را به هفت گروه اصلی طبقه‌بندی می‌کند.

این طبقه‌بندی در جدول ۱ آمده است.

کانه‌زایی مس در ایران

تقریباً کانه‌زایی تمام ذخایر مس ایران در ترشیاری رخ داده‌اند، به جز تکنار و چند مورد دیگر که قبل از این زمان بوده‌اند. در چند نشانهٔ معدنی دیگر، وجود عناصر جنبی و همراه از قبیل تنگستن، مولیبدن، طلا، نیکل، کبالت و گاه مواد رادیواکتیو و فلزات کمیاب به همراه مس به اهمیت کانسارهای مس ایران می‌افزاید.

ولکانیسم و پلوتونیسم پالئوسن ـ ائوسن و ماگماتیسم الیگومیوسن از نظر کانی‌سازی مس در ایران بسیار پرمایه بوده‌اند. کانسارهای مس ایران از نظر «زون ساختاری» به شکل زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

۱. زون ارومیه ـ دختر که بیش‌ترین انباشت مس در ایران را دارد. تعداد کانسارهای مس در این زون از جنوب به شمال کاهش می‌یابند و ۳ زیر زون دارند. این محور، از آذربایجان تا مرز پاکستان، به صورت یک نوار شمال‌غربی ـ جنوب شرقی کشیده شده است.

الف) ارومیه ـ دختر جنوبی که بیش‌ترین تمرکز مس را دارد (ناحیهٔ کرمان).

ب) ارومیه ـ دختر مرکزی (منطقهٔ انارک)

ج) ارومیه ـ دختر شمالی (تفرش ـ تکاب)

۲. محور طارم ـ طالقان، کانسارهای ناحیهٔ کرج تا شمال غرب زنجان

۳. زون سبلان، کانسارهای مس ناحیهٔ اهر

۴. زون کویر ـ سبزوار، ناحیهٔ سمنان، ترود و سبزوار

۵. زون شرق ایران

۶. زون مکران

زمین‌شناسی اقتصادی کانسارهای ایران

از دیدگاه تکتونیکی، کشور ایران در سیستم کوه‌زایی آلپ ـ هیمالیا واقع شده است. از نظر کانی‌سازی مس، کمربند عظیم مس‌دار که از شمال غرب، از شرق صربستان در اروپای شرقی آغاز، بعد از گذشتن از ترکیه وارد ایران و از جنوب شرق ایران وارد پاکستان می‌شود. در این کمربند، طی فرآیند فعالیت‌های ماگمایی و کمپلکس‌های آتشفشانی ـ رسوبی کوه‌زایی آلپی صورت گرفته است و کانه‌زایی مس نیز در طول این فرایند انجام شده است.

همان‌گونه که اشاره شد، کانه‌زایی مس در ایران، به جز آنچه در مورد دوران ترشیری گفته شد، بقیه قابل توجه نیستند. با این حال دو دورهٔ کانه‌زایی مس در ایران، به جز دوران ترشیری عبارتند از:

الف) دورهٔ آتشفشانی ـ رسوبی اینفراکامبرین

ب) دورهٔ پلوتونیسم ژوراسیک پسین ـ کرتاسهٔ پیشین

پراکندگی کانسارهای مس ایران به مقیاس ۱:۱۰/۰۰۰/۰۰۰ در نقشهٔ ۱ نشان داده شده است. با توجه به این نقشه می‌توان مناطق امیدبخش مس کشور را به ترتیب زیر اولویت‌بندی کرد:

۱. منطقه کرمان ۲. زنجان ۳. حاشیهٔ شمالی کویر مرکزی (سمنان) ۴. خراسان ۵. آذربایجان ۶. سیستان و بلوچستان ۷. زون سنندج ـ سیرجان

نام و مشخصات کانسارهای فعال کشور بر مبنای آخرین گزارش وزارت صنایع و معادن در مردادماه ۱۳۸۰ در جدول ۲ آمده است.

جهان، ذخایر و ذخایر پایه

بر مبنای آخرین گزارش از سایت اینترنتی سازمان زمین‌شناسی آمریکا (U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2002)، ذخایر، ذخایر پایه و تولیدات معدنی کشورهای جهان در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱ به شرح زیر است (جدول ۳):

جدول ۱. دسته‌بندی کانسارهای اقتصادی مس

نوع کانسار مس	شکل و ساختار کانسار	کانی اصلی و فرعی	عیار مس	نمونهٔ جهانی
کانسارهای ماگمایی	طبقات تفریقی ماگمایی توده‌های نفوذی و رگه‌های مادهٔ معدنی چسبیده به کانسار	اصلی: پیروتیت، کالکوپیریت، پنتلاندیت فرعی: مگنتیت، پیریت، کوبالتین، بورنیت، پرلی‌دیمیت، نیکولیت، میلریت، کوپریت، بولاریت و سپریلیت	۱ تا ۲ درصد	کانسارهای ماگمایی مس نیکل روسیه: پچنگا، آلرچنسک، مونچا، تالنخ، اکتیابر و نوریلسیک فنلاند: پوری سوئد: کلوسیو کانادا: سادبری، تومپسون ایالات متحده: استیل واتر آفریقای جنوبی: بوشولد، اینسیزوا
کانسارهای کربناتی	مجموعهٔ کانی‌های مس در سنگ‌های کربناتی؛ رگه‌های باریک مواد معدنی مس انتشاری در کربنات‌ها	اصلی: بورنیت ـ کالکوپیریت فرعی: کالکوزین ـ والریت ـ کوولیت و مگنتیت	۰/۶۸ درصد	آفریقای جنوبی: پالابورا
کانسارهای اسکارنی	لایه‌ها و رگه‌های اسکارن در مجاورت سنگ‌های گرانیتی ـ آهکی	اصلی: کالکوپیریت، پیروتیت، پیریت و مگنتیت فرعی: اسفالریت و گالن	۲ تا ۸ درصد	قزاقستان: سایاک ایالات متحده: بیسبی ایران: مزرعه در روسیه و مکزیک نیز از این نوع دیده شده است.
کانسارهای گرمابی با منشأ پلوتونی، کانسارهای پورفیری	انتشاری و رگه‌ای در سنگ‌های نفوذی پورفیری (گرانودیوریت ـ مونزونیت)	اصلی: کالکوپیریت و پیریت فرعی: مولیبدنیت، بورنیت، کالکوسیت، انارژیت، گالن، اسفالریت، مگنتیت و هماتیت	اولیه: ۰/۲ تا ۰/۷ درصد ثانویه: ۱ تا ۱/۵ درصد	قزاقستان: کنراد ایالات متحدهٔ آمریکا: بینگهام ایران: سرچشمه شیلی: چوکی کوماتا

ذخایر شناخته شدهٔ مس دنیا شامل دو بخش ذخایر موجود در خشکی‌ها و ذخایر کف اقیانوس‌ها می‌شوند. ذخایر مس خشکی‌ها در حدود ۱٫۶ میلیارد تن و ذخایر شناخته شدهٔ کف اقیانوس‌ها، در حدود ۷۰۰ میلیون تن تخمین زده می‌شوند.

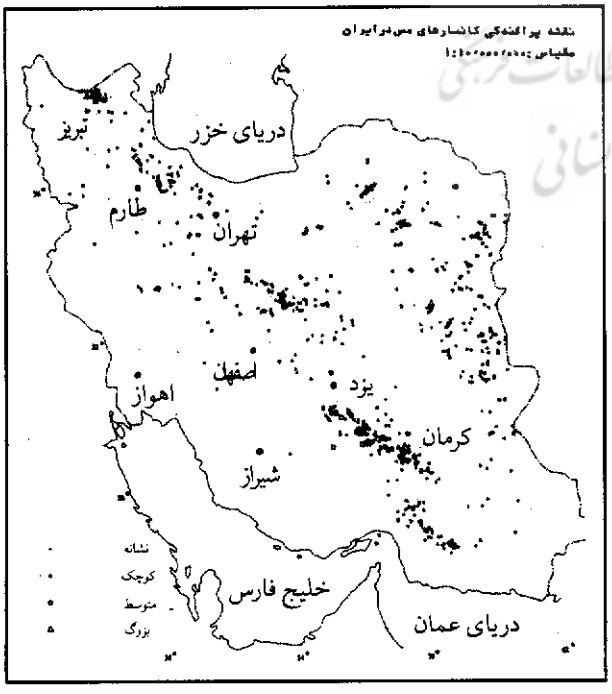
امروزه جایگزین‌های مناسبی برای مس به دست آمده است. به عنوان مثال در تولیدات گوناگونی، همچون کابل‌های پرقدرت الکتریکی، دستگاه‌های الکتریکی، رادیاتورهای اتومبیل و تیوب‌های سردکنندهٔ یخچال‌ها، آلومینیوم جایگزین مس شده است. از تیتانیوم و فولاد در مُبدل‌های گرمایی، و از پلاستیک و فولاد برای روکش جعبه‌های صنایع دستی استفاده می‌شود. رشته‌های نوری در برخی ابزارهای ارتباطات راه دور جایگزین مس می‌شوند. همچنین، پلاستیک‌ها در لوله‌های آب و مواد مورد نیاز ساختمان جانشین مس می‌شوند.

شیلی با ۸۸ میلیون تن ذخیرهٔ شناخته شدهٔ مس، بیش‌ترین مقدار را در دنیا به خود اختصاص داده است. همچنین، این کشور در سال ۲۰۰۱ با تولیدی ۳٫۴ برابر ایالات متحده به عنوان رتبهٔ دوم تولیدکنندگان مس جهان شناخته شد. آمریکا با ۴۵ میلیون تن رتبهٔ دوم و روسیه و لهستان هریک با ۲۰ میلیون تن ذخیره، رتبهٔ سوم جهانی را به خود اختصاص می‌دهند.

جدول ۳. ذخایر، ذخایر پایه و تولیدات معدنی جهان در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱

داده‌ها بر حسب ۱۰۰۰ تن هستند.

نام کشور	تولیدات معدنی		ذخایر	ذخایر پایه
	۲۰۰۰	۲۰۰۱		
ایالات متحده	۱٫۴۴۰	۱٫۳۴۰	۴۵٫۰۰۰	۹۰٫۰۰۰
استرالیا	۸۲۹	۹۰۰	۹۰۰۰	۲۳۰۰۰
کانادا	۶۳۴	۶۲۰	۱۰۰۰۰	۲۳۰۰۰
شیلی	۴۶۰۰	۴۶۵۰	۸۸۰۰۰	۱۶۰۰۰۰
چین	۵۹۰	۶۲۰	۱۸۰۰۰	۳۷۰۰۰
اندونزی	۱۰۱۲	۱۰۸۰	۱۹۰۰۰	۲۵۰۰۰
قزاقستان	۴۳۰	۴۷۰	۱۴۰۰۰	۲۰۰۰۰
مکزیک	۳۶۵	۳۷۰	۱۵۰۰۰	۲۷۰۰۰
پرو	۵۵۴	۵۶۰	۱۹۰۰۰	۴۰۰۰۰
لهستان	۴۵۶	۴۵۰	۲۰۰۰۰	۳۶۰۰۰
روسیه	۵۷۰	۵۵۰	۲۰۰۰۰	۳۰۰۰۰
زامبیا	۲۴۰	۳۲۰	۱۲۰۰۰	۳۴۰۰۰
کشورهای دیگر	۱۴۸۰	۱۵۷۰	۵۰۰۰۰	۱۰۵۰۰۰
مجموع	۱۳۲۰۰	۱۳۲۰۰	۳۴۰۰۰۰	۶۵۰۰۰۰



شکل ۱. نقشهٔ پراکندگی کانسارهای مس در ایران
نقشهٔ پراکندگی کانسارهای مس در ایران
مقیاس: ۱:۱۰٫۰۰۰٫۰۰۰

منابع

۱. حسنی‌پاک، ع. ا. (۱۳۷۰). اصول اکتشافات ژئوشیمیایی. انتشارات دانشگاه تهران.
۲. فیضی، ف. (۱۳۷۸). زمین‌شناسی و اکتشاف مس. شرکت مطالعاتی طرح‌های جامع فلزات ایران.
۳. کریم‌پور، م. ح. زمین‌شناسی اقتصادی کاربردی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
۴. فهرست معادن فعال کشور (۱۳۸۰). وزارت صنایع و معادن.
5. Bazin and Hübner (1969). Copper deposits in Iran, G.S.I, Rep. No.13.
6. Dana (1977). Manual of Mineralogy.
7. Exploration For ore deposits in kerman region (1973). G.S.I, Rep. No. 53.
8. Smirnov (1976). Geology of Mineral deposits. Mir publisher.
9. U.S. Geological Survey. Mineral Commodity Summaries. January 2002.